

D.E.A.

"Analyse et Modélisation des Systèmes Biologiques"

Mémoire technique

**SIMULATION D'ECLAIRCIES SUR LE
DISPOSITIF SYLVICOLE DE PARACOU**

(Guyane française) :

**RECHERCHE DE METHODES D'INTERVENTION
EN FORET, APRES EXPLOITATION**

Sylvie GOURLET-FLEURY

Chercheur au département forestier du CIRAD

Jury : A. PAVE (directeur de recherche)
F. HOULLIER
J.P. PASCAL

Août 1992

SIMULATION D'ECLAIRCIES SUR LE
DISPOSITIF SYLVICOLE DE PARACOU
(Guyane française) :
RECHERCHE DE METHODES D'INTERVENTION EN FORET,
APRES EXPLOITATION

RESUME

Une parcelle du dispositif sylvicole expérimental de PARACOU (Guyane française) a fait l'objet d'une étude individuelle de ses tiges d'espèces commerciales et de leur environnement, dans le but de mettre en évidence des relations entre la pression exercée par cet environnement et la croissance des arbres. Mais la complexité des phénomènes mis en jeu rend difficile l'identification de bons prédicteurs de la croissance ; un descripteur environnemental basé sur les possibilités d'accès des houppiers à la lumière a cependant été retenu pour permettre une évaluation de la gêne subie par le peuplement d'avenir.

Un simulateur d'éclaircie a ensuite été construit dans le but de rechercher des règles sylvicoles acceptables tant sur le plan de l'efficacité (du point de vue diminution de la gêne subie, évaluée à l'aide du descripteur retenu) que sur ceux du coût et de l'action exercée sur le peuplement. Cette démarche a permis de mettre en évidence les nombreux problèmes, non résolus, que pose l'éclaircie dans un milieu aussi complexe que la forêt dense humide équatoriale.

PLAN DU RAPPORT

1 - INTRODUCTION.....	1
2 - QUELQUES MOTS DU CONTEXTE DE L'ETUDE.....	1
2.1. Les grandes lignes de la gestion forestière en Guyane.....	1
2.2. Interventions sylvicoles en forêt : fondements expérimentaux et mise en application	3
2.2.1. Quelques précisions sur les termes employés.....	3
2.2.2. Les activités de recherche dans ce domaine.....	3
2.2.3. Le passage de la recherche au développement.....	4
2.2.4. Le problème des éclaircies.....	4
3 - DEMARCHE ADOPTEE.....	5
3.1. Support : le dispositif expérimental de PARACOU.....	5
3.2. Simulation d'éclaircies sur une parcelle du dispositif.....	6
4 - ETUDE DE L'ENVIRONNEMENT DES ARBRES ET DE SON EFFET SUR LA CROISSANCE.....	6
4.1. Sélection a priori des facteurs à étudier	8
4.2. Collecte des données	8
4.3. Analyse des données prélevées sur la parcelle 7.....	9
4.3.1. Description du peuplement	9
4.3.1.1. Historique.....	9
4.3.1.2. Etat actuel	10
4.3.2. Analyse	13
4.3.2.1. Voisins gênants : quelques caractéristiques importantes.....	13
4.3.2.2. Etude globale des relations entre descripteurs, classes de diamètre, croissance et espèces.....	15
4.3.2.3. Recherche de prédicteurs de la croissance.....	18
4.3.3. Conclusion	24

5 - ETUDE DE DIFFERENTS TYPES D'ECLAIRCIE.....	24
5.1. Les cas de figure envisagés.....	24
5.1.1. Eclaircie systématique / éclaircie sélective	24
5.1.2. Eclaircies mixtes	25
5.2. Mise en oeuvre des éclaircies : principes, et aperçu sur le fonctionnement des programmes	25
5.2.1. Fichiers de base.....	25
5.2.2. Identification d'un peuplement d'avenir, et des tiges "potentiellement dévitalisables". Constitution du fichier des voisins gênants	27
5.2.3. Réalisation de l'éclaircie	27
5.2.4. Etude des caractéristiques de l'éclaircie	28
5.2.4.1. Structure du peuplement éliminé	28
5.2.4.2. "Efficacité" et "intérêt"	28
5.2.4.3. Remarque sur les problèmes de répartition spatiale	29
5.2.5. Les limites imposées à l'intensité globale de l'éclaircie	29
5.3. Comparaison des résultats.....	30
5.3.1. Peuplement d'avenir constitué des espèces considérées comme principales par le CIRAD-Forêt.....	30
5.3.2. Peuplement d'avenir constitué des espèces considérées comme principales par l'ONF.....	33
5.3.3. Discussion.....	34
VI - CONCLUSION.....	34

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

1 - INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, le Département Forestier du CIRAD* travaille à l'étude et la mise au point de méthodes d'intervention sylvicole (techniques et règles) en forêt dense tropicale humide, utilisant pour ce faire un réseau de dispositifs expérimentaux situés en Afrique, en Asie et en Amérique latine, dont celui de PARACOU (Guyane Française) fait partie.

De l'analyse des succès et des échecs enregistrés par la recherche et le développement dans ce domaine depuis le début du siècle, et de sa propre expérience, le CIRAD-Forêt a acquis la conviction que l'intervention des forestiers dans cet écosystème complexe doit être basée sur des règles très simples, du type de celles qui sont aujourd'hui testées à PARACOU.

En Guyane Française cependant, département couvert à plus de 90% par la forêt dense, la quasi-totalité du massif (soit environ 7,5 millions d'hectares) est gérée par l'Office National des Forêts, que son expérience des forêts tempérées incite à pratiquer des interventions plus "élaborées", basées sur la désignation de tiges d'avenir et le travail à leur profit.

L'Atelier sur l'Aménagement et la Conservation de l'Ecosystème Forestier Tropical Humide**, qui s'est déroulé à Cayenne en 1990 et réunissait de nombreux spécialistes de la question, de tous horizons et de tous pays, a été l'occasion de discussions animées sur le terrain, entre partisans du "simple et peu coûteux" et partisans du "complexe et efficace", chacun fort de sa propre expérience, à l'échelle expérimentale ou du développement, mais dans des contextes écologiques et socio-économiques rendant toute extrapolation souvent hasardeuse.

Nous avons voulu, dans ce travail, apporter notre contribution au débat en tentant de confronter au même endroit différentes approches de la question.

2 - QUELQUES MOTS DU CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1. Les grandes lignes de la gestion forestière en Guyane.

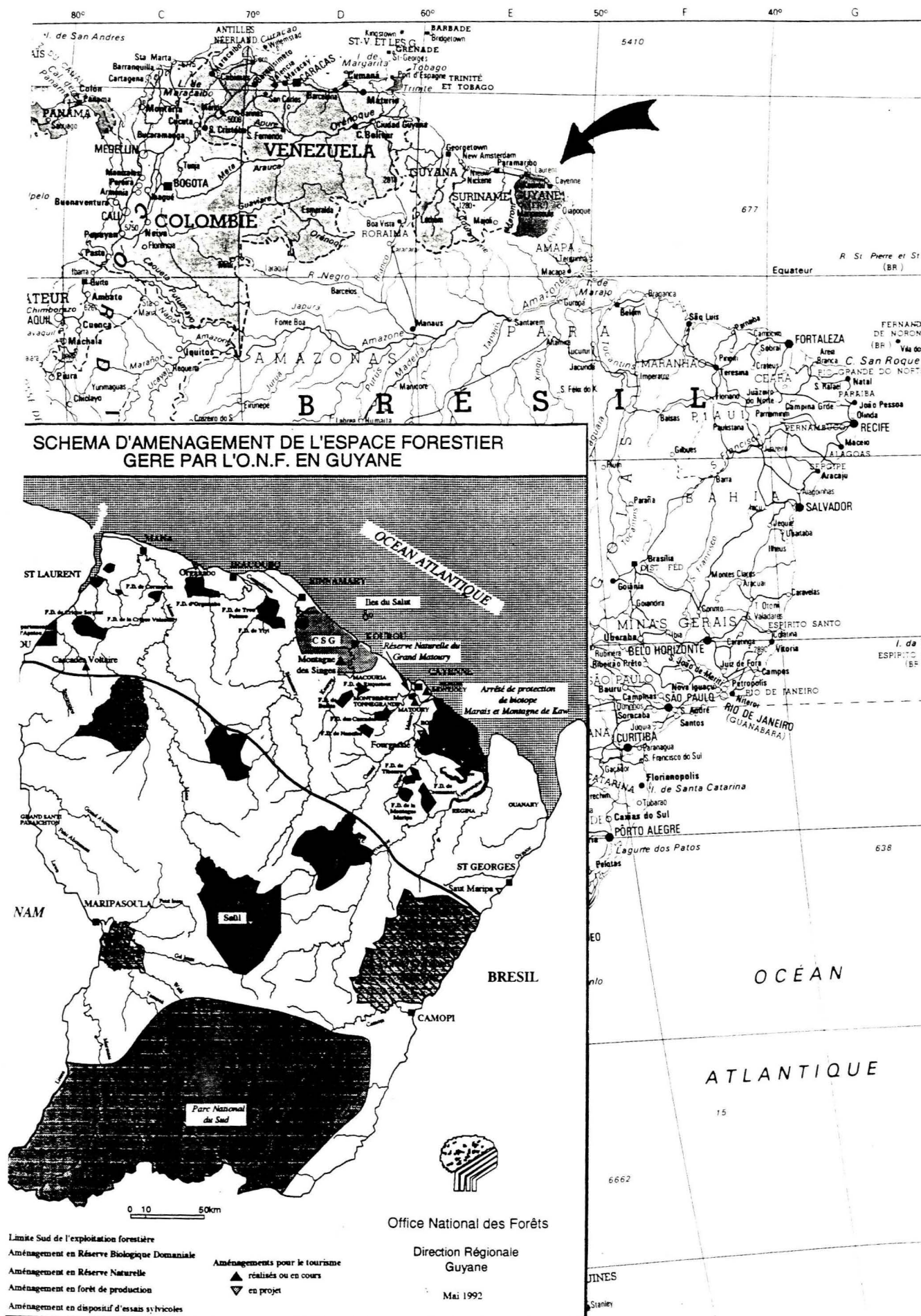
La forêt dense ombrophile sempervirente de plaine couvre environ 90% des 8,5 millions d'hectares d'un département qui jouit, sur le continent sud-américain, d'une situation tout à fait privilégiée : densité très faible de population (moins de 120 000 habitants en 1990, concentrés sur le littoral et, à un moindre degré, sur le fleuve Maroni : voir carte n°2, p.2) ayant un niveau de vie élevé et exerçant une pression peu importante sur son environnement.

Cette forêt appartient pour l'essentiel au domaine privé de l'Etat et sa gestion est assurée par l'Office National des Forêts. Dans le cadre du schéma d'aménagement de l'espace forestier défini en 1990, le massif guyanais a été divisé en deux parties (ONF, 1991. Voir carten°2, p.2) :

- la zone sud, d'environ 6 millions d'hectares, qui devrait demeurer préservée : la forêt y est quasiment intacte et constitue un patrimoine d'une richesse faunistique et floristique exceptionnelles. La création d'un parc national de 1,5 millions d'hectares dans l'extrême sud du département, et de 6 réserves naturelles ou biologiques domaniales sont en projet ;

* CIRAD-Forêt. Il s'agit de l' ex. CTFT (Centre Technique Forestier Tropical).
Les sigles sont développés en annexe 1.

** Organisé conjointement par MAB/France, MAB/UNESCO, IUFRO et OAA.



Cartes n°1 et 2. Situation de la Guyane française en Amérique du Sud (source : Atlas IGN Hachette, 1987) et schéma d'aménagement de l'espace forestier géré par l'ONF (source : ONF).

- la zone nord, située le long de la côte sur une profondeur de 60 à 70 kilomètres (1,5 millions d'hectares), doit faire l'objet d'un aménagement forestier global. C'est dans cette zone qu'a lieu l'exploitation forestière traditionnelle, qui parcourt environ 10000 hectares chaque année. L'objectif de l'ONF est de stabiliser cette exploitation dans des périmètres bien délimités, aménagés pour la production de bois-d'œuvre, permettant notamment d'éviter l'ouverture incessante de coûteuses pistes d'exploitation, et de limiter la pénétration du massif.

2.2. Interventions sylvicoles en forêt : fondements expérimentaux et mise en application.

2.2.1. Quelques précisions sur les termes employés.

On regroupe sous le terme d'"interventions sylvicoles" un certain nombre d'opérations effectuées en forêt dans le cadre d'un aménagement, et visant à satisfaire un objectif précis : dans le cas qui nous intéresse, l'objectif est la production de bois, et les interventions sylvicoles désignent, essentiellement :

- les coupes d'exploitation,
- les éclaircies, dont le but est de stimuler la croissance des arbres qui constitueront la future récolte. Ces éclaircies font appel à différentes techniques, et peuvent être appliquées selon des règles variables : nous en reparlerons par la suite.

2.2.2. Les activités de recherche dans ce domaine.

De très nombreux travaux ont été réalisés (certains dès le XVIIIème siècle !) ou sont en cours, portant sur la description et l'étude du fonctionnement de l'écosystème forestier guyanais (synthèse dans 2 numéros "Spécial Guyane" de Bois et Forêts des Tropiques, 1990). Parallèlement aux recherches "fondamentales" (description des espèces végétales et animales, étude des relations sol-plantes, des relations plantes-animaux et de leur rôle dans la répartition spatiale des espèces, physiologie des arbres, etc.) entreprises notamment par l'Administration des Eaux et Forêts tout d'abord (de 1946 à 1966) puis par l'ORSTOM, l'INRA, le MNHN, le CNRS et, plus récemment, l'ENGREF*, des études plus "appliquées" de la dynamique forestière faisant suite à diverses perturbations (exploitations et éclaircies) du milieu sont menées :

- par l'ONF, qui gère dans la région de Saint-Laurent du Maroni 4 parcelles de suivi des peuplements ("placeaux du BAFOG") installés en 1954 dans une zone ayant fait l'objet d'une exploitation plus ou moins intensive par l'Administration Pénitentiaire (GAZEL, 1981-1983),
- par le CIRAD-Forêt, qui a installé en 1984 près de Sinnamary, un gros dispositif expérimental sur lequel ont été testés différents types d'intervention sylvicole en forêt initialement non perturbée.

Des recherches identiques ont également été menées au Surinam (pays frontalier de la Guyane française, situé à l'ouest du Maroni: voir carte n°1, p.2) par le CELOS (Centre de Recherche en Agriculture du Surinam) entre 1965 et 1986, en collaboration avec l'Université de Wageningen. Les résultats obtenus (DE GRAAF, 1986) sont très importants et tout à fait applicables à la Guyane Française (même écosystème forestier).

* Voir développement des sigles en annexe.

On dispose ainsi aujourd'hui d'une somme de connaissances qui, même incomplètes et imparfaites (mais elles le seront toujours), devraient permettre l'élaboration de règles de gestion de la forêt guyanaise sur une base durable, et ce dans un triple but de protection, de récréation et de production.

2.2.3. Le passage de la recherche au développement.

Mettant à profit les résultats de la recherche, qui montrent notamment de façon claire qu'il est possible de stimuler la croissance des arbres sans endommager le peuplement en pratiquant certains types d'éclaircies, l'ONF a délimité en 1990 deux forêts de 4500 et 9000 hectares respectivement (forêts "pilotes" de Risquetout et d'Organabo) et entrepris de les aménager pour la production de bois-d'œuvre. Objectif : démontrer la faisabilité de telles interventions sylvicoles à grande échelle, et en chiffrer le coût.

L'enjeu est d'importance. En effet, accélérer la croissance des arbres, c'est raccourcir les rotations d'exploitation, c'est stabiliser les exploitants forestiers sur des superficies plus réduites, mieux dotées en infrastructures, plus proches des centres de transformation, et, finalement, c'est préserver intacte une plus grande superficie de la forêt guyanaise.

2.2.4. Le problème des éclaircies.

La technique d'éclaircie utilisée par l'ONF, l'empoisonnement (ou dévitalisation) des arbres par entailles malaises, est une technique qui a depuis longtemps fait ses preuves en forêt tropicale. Les modalités précises d'application (nature et dilution du produit actif, périodes d'application...) dans le cas de la Guyane ont été définies et testées par le CIRAD-Forêt (SCHMITT et PERROT, 1988), et leur efficacité étudiée en détail. L'intérêt de l'empoisonnement réside dans le fait que les dommages causés au peuplement résiduel sont très réduits par rapport à ceux causés par une coupe (DURRIEU DE MADRON, 1992).

La technique étant au point, se pose le problème de la définition des règles d'application. A ce sujet, deux conceptions s'opposent, celle de "*l'éclaircie systématique*" et celle de "*l'éclaircie sélective*"*.

Nous entendons par :

- *éclaircie systématique*, l'élimination systématique de toutes les tiges appartenant à des espèces n'ayant aucun intérêt commercial potentiel (espèces qualifiées par la suite de "secondaires") ou présentant de gros défauts, dès qu'elles dépassent un certain diamètre**. Cette règle a été appliquée à la suite d'une exploitation sur le dispositif sylvicole de PARACOU, en fixant le diamètre de dévitalisation à 40 cm (cf. présentation du dispositif § 3.1., et annexe 2);
- *éclaircie sélective*, le repérage de "tiges d'avenir" (appartenant à des espèces commercialement intéressantes - qualifiées par la suite de "primaires" -, bien conformées et de taille définie) et l'élimination à *leur profit* des tiges "génantes" d'espèces secondaires. Ce type d'intervention s'apparente aux éclaircies classiques dites "par le haut" couramment pratiquées en métropole, et il s'agit, pour l'instant, de l'option retenue et appliquée par l'ONF dans ses deux forêts pilotes.

* Ces termes sont propres à cette étude. Le terme d'"éclaircie mixte" est également employé plus loin.

** Diamètre = diamètre à 1m30, toujours sous-entendu dans le texte.

En 1991, CIRAD-Forêt et ONF ont tenté de faire le point sur les avantages et inconvénients respectifs des deux approches et une expérience de simulation d'éclaircie a réuni chercheurs et équipes de l'Office sur une parcelle exploitée du dispositif de PARACOU (GOURLET-FLEURY, 1991). Il a ainsi été constaté :

- que l'éclaircie systématique, d'application pratique très simple, conduisait souvent à l'élimination de gros arbres dans des zones dépourvues de tiges d'avenir (perte de temps et de produit), tout en laissant intactes certaines zones plus riches et plus denses;
- que l'éclaircie sélective posait beaucoup de problèmes d'ordre pratique et en particulier :
 - * difficulté d'appréciation de la "gêne" entre arbres, conduisant d'une part à des interventions différentes d'une équipe à l'autre (3 équipes ont été testées séparément, l'accord constaté entre équipes prises 2 à 2 n'a jamais atteint 60% sur le choix des individus à éliminer) et d'autre part à des éclaircies relativement légères, le "bénéfice du doute" étant presque systématiquement accordé aux arbres plus ou moins gênants,
 - * difficulté de maîtrise de règles de préférence entre espèces assez complexes,
 - * ambiguïtés sur la détermination de ce que doit être une "tige d'avenir".

Le bilan actuel des interventions en forêt pilote a confirmé la validité des dernières observations, et l'ONF s'interroge aujourd'hui sur la mise en oeuvre d'autres règles d'éclaircie.

Il s'agissait donc, pour le CIRAD-Forêt, d'étudier le problème de façon plus précise et plus systématique, de tenter de quantifier l'effet de différentes règles d'intervention et de rechercher les modalités de "l'éclaircie idéale" (!).

3 - DEMARCHE ADOPTEE

3.1. Support : le dispositif expérimental de PARACOU.

Ce dispositif, conçu en 1982, a été installé en 1984 sur la commune de Sinnamary (voir annexe n°2, p.3 et MAITRE, 1982, SCHMITT, 1984, 1985 et 1989). 12 parcelles de 9 hectares chacune (soit 108 hectares au total) ont été assises dans une zone de forêt intacte, après inventaire et étude pédologique préalables. 9 d'entre elles ont fait l'objet, entre 1986 et 1988, d'interventions sylvicoles d'intensité variable (3 types de traitement, appliqués chacun à 3 parcelles), les 3 dernières jouant le rôle de témoin.

Les interventions ont été les suivantes :

- **traitement 1** : exploitation forestière de type "traditionnel" pour le bois-d'oeuvre (prélèvement d'environ 10 tiges par hectare, faisant plus de 50 à 60 cm de diamètre et appartenant à une cinquantaine d'espèces différentes);
- **traitement 2** : exploitation forestière pour le bois-d'oeuvre suivie d'une éclaircie par dévitalisation (éliminant en moyenne 30 tiges d'espèces "secondaires" ou "principales tarées" faisant plus de 40 cm de diamètre, par hectare);
- **traitement 3** : exploitation forestière pour le bois-d'oeuvre du même type que les précédentes, suivie d'une exploitation devant fournir du bois combustible (prélèvement, par hectare, de 15 tiges d'espèces "secondaires" faisant entre 40 et 50 cm de diamètre), et d'une éclaircie par dévitalisation (20 tiges supplémentaires environ, faisant plus de 50 cm de diamètre).

Depuis 1984, le peuplement constitué de toutes les tiges de plus de 10 cm de diamètre situées sur les 6,25 hectares centraux de chaque parcelle (soit environ 46000 arbres au total) fait l'objet d'une mesure annuelle des circonférences. Tous les arbres sont numérotés, repérés (coordonnées cartésiennes), et la plupart des espèces principales sont identifiées botaniquement (57 codes attribués pour l'instant, une redétermination plus complète est en cours).

Une présentation détaillée des parcelles (cartes), des traitements et de leur intensité en termes de surface terrière et de volume éliminés figure en annexe 2. La liste des codes utilisés et leur correspondance botanique se trouve en annexe 3.

3.2. Simulation d'éclaircies sur une parcelle du dispositif.

L'ONF intervenant en éclaircie dans des zones déjà exploitées, l'étude a porté sur une parcelle ayant subi le traitement 1 (il s'agit de la parcelle n°7, évoquée au § 2.2.4.). Connaissant les coordonnées de tous les arbres, leur "identité botanique", leur dimension, il était possible, moyennant le prélèvement d'un certain nombre d'informations supplémentaires, d'éliminer virtuellement certains d'entre eux en suivant différentes règles.

Le problème essentiel, soulevé par cette approche, était le suivant : **sur quels critères se baser pour évaluer l'efficacité de ces éclaircies fictives ?**

Nous avons procédé en plusieurs étapes (voir schéma récapitulatif p.7) :

- **étape n°1** : étude de l'environnement des arbres par le biais d'un certain nombre de *descripteurs*, et étude des liaisons entre ces descripteurs et la croissance individuelle, dans le but d'identifier des "*prédicteurs de croissance*" et de pouvoir évaluer l'efficacité d'une éclaircie;
- **étape n°2** : définition de règles d'éclaircie, mise en application informatique sur la parcelle d'étude, et caractérisation "statique" de leur effet par examen de l'évolution des prédicteurs de croissance... Evaluation des efficacités relatives, et sélection des "meilleures" éclaircies;
- **étape n°3** : prédiction de l'évolution des arbres et du peuplement après intervention (caractérisation "dynamique" de l'efficacité des éclaircies). Cette dernière opération nécessite évidemment d'avoir trouvé de bons prédicteurs de la croissance ce qui n'est pour l'instant pas le cas. Cette partie n'a donc pu être développée ici.

4 - ETUDE DE L'ENVIRONNEMENT DES ARBRES ET DE SON EFFET SUR LA CROISSANCE.

Ce problème a été développé dans le cadre du mémoire bibliographique de DEA (GOURLET-FLEURY, 1992). En forêt tempérée, l'effet de l'environnement est pris en compte dans les modèles de croissance par le biais d'indices de compétition, et certains d'entre eux peuvent peut-être être utilisés, moyennant adaptation, en forêt dense tropicale humide. Nous avons utilisé cette approche pour la recherche de prédicteurs de croissance.

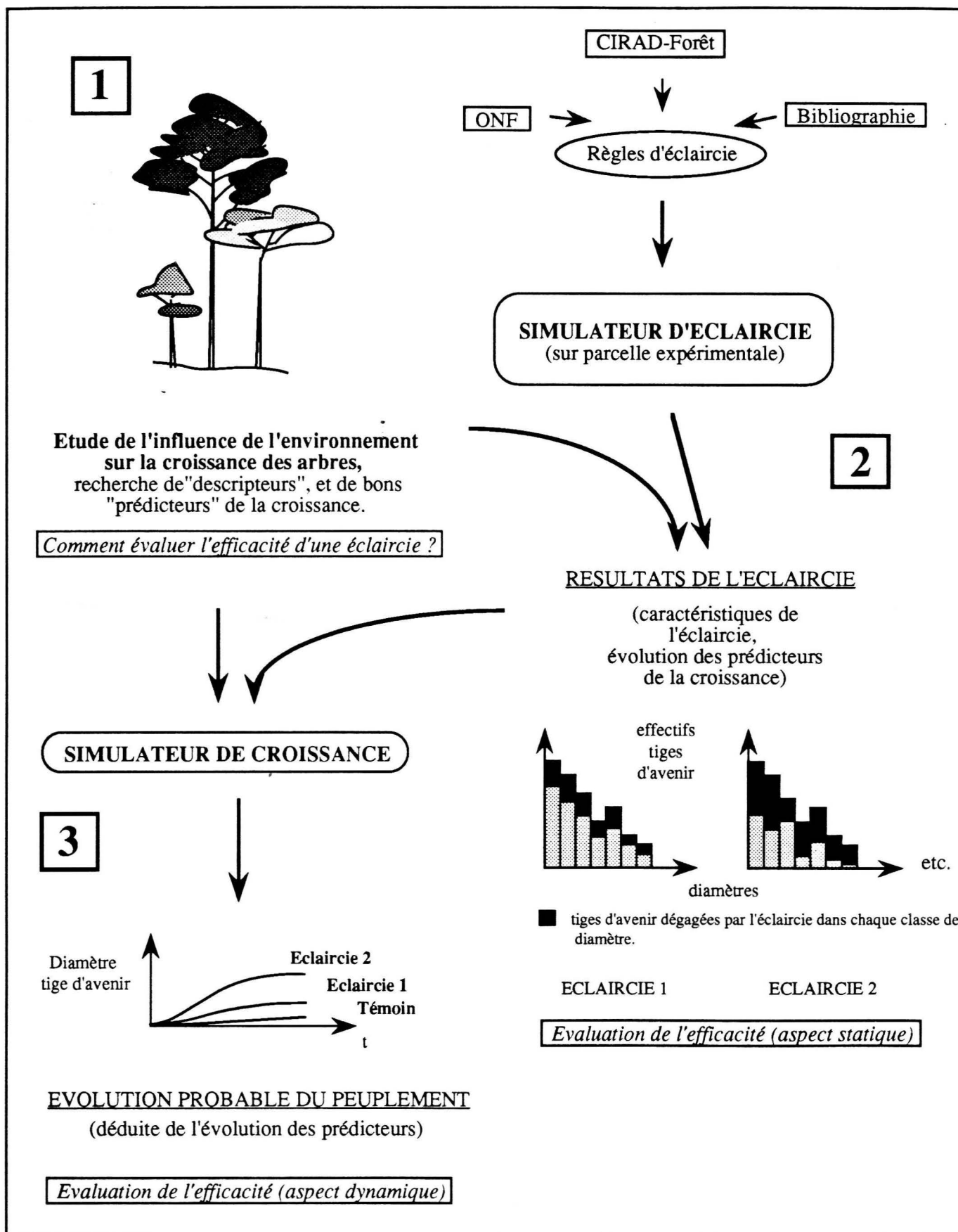


Schéma n°1. Démarche d'ensemble. Certains aspects ne sont qu'abordés dans le cadre de cette étude, le point n°3 n'a pas été traité.

4.1. Sélection a priori des facteurs à étudier.

Parmi les facteurs environnementaux pouvant jouer sur la croissance des arbres, certains sont plus aisés à aborder que d'autres. C'est ainsi que nous avons privilégié l'aspect "accès des houppiers à la lumière", qui a été étudié de façon explicite à travers les descripteurs suivants : statut social, code de DAWKINS, nombre de "voisins gênants" (voir § 4.2.).

Les autres facteurs (alimentation en eau et en éléments minéraux notamment) ont été abordés de manière implicite et globale par le biais d'indices de compétition classiques*, faisant intervenir les arbres voisins. Les indices retenus l'ont été pour des raisons purement pragmatiques :

- possibilité de calcul à partir de données déjà stockées (ce qui éliminait les indices faisant intervenir hauteur des arbres et dimension des houppiers),
- programmation informatique simple (ce qui éliminait notamment les indices de polygones).

2 indices indépendants de la distance (nombre total de voisins de plus de 10 cm de diamètre et surface terrière cumulée sur une placette circulaire de rayon variable, centrée sur l'arbre dont on étudie la croissance) et 4 indices dépendants de la distance (indices de STENEKER et JARVIS, 1963) ont ainsi été calculés.

4.2. Collecte des données.

Deux types de données ont dû être prélevés sur le terrain, pour compléter la banque existante.

- 1) Données concernant l'accès des houppiers à la lumière.

Statut social : distinction entre arbres isolés, dominants, codominants et dominés selon la position du houppier du sujet par rapport à celui de ses voisins.

Code de DAWKINS : ventilation des arbres en 5 classes d'éclairement croissant, selon le schéma proposé par DAWKINS (voir annexe 11, p.47).

Nombre (et identification) des voisins "gênants" : il s'agit des voisins dont le houppier "gêne" verticalement ou latéralement l'arbre étudié, c'est-à-dire des voisins intervenant dans la détermination de son code de DAWKINS. La notion de "gêne" est évidemment subjective, tant qu'il n'est pas prouvé que de tels arbres freinent effectivement la croissance du sujet.

- 2) Données concernant l'état qualitatif des tiges appartenant aux espèces principales.

Ces données devaient permettre de définir un peuplement "d'avenir". Les arbres ont été classés en 4 catégories de qualité décroissante, selon l'aspect des troncs (inclinaison, flexuosité, présence de "genoux", de baïonnettes...), leur état sanitaire (blessures, piqûres d'insectes, champignons...) et l'état d'envahissement des houppiers par les lianes.

Seule la parcelle 7 sur laquelle devait être réalisée la simulation, a été parcourue. L'étude détaillée des 840 tiges de plus de 10 cm de diamètre constituant le peuplement des espèces principales a nécessité 2 mois de travail sur le terrain.

* Nous avons qualifié de tels indices d'"indices de stress" par opposition aux "indices de potentialité" qui ne font intervenir que l'arbre sujet (GOURLET-FLEURY, op. cit.). Ces indices de stress sont utilisés ici comme descripteurs environnementaux.

4.3. Analyse des données prélevées sur la parcelle 7.

4.3.1. Description du peuplement.

4.3.1.1. Historique.

En 1984 (premier inventaire), le peuplement* de la parcelle 7 présentait les caractéristiques suivantes (voir histogramme ci-dessous) :

- nombre total de tiges : **606/ha** (moyenne du dispositif : 619,5/ha);
- surface terrière totale : **31,6 m²/ha** (moyenne du dispositif : 31,3 m²/ha);
- nombre total de tiges d'espèces principales (33 espèces identifiées + 8 essences regroupant deux espèces ou davantage) : **171,2/ha**, soit **28,2% du peuplement global**;
- surface terrière occupée par ces dernières : **13,8 m²/ha**, soit **43,6% de la surface terrière totale**.

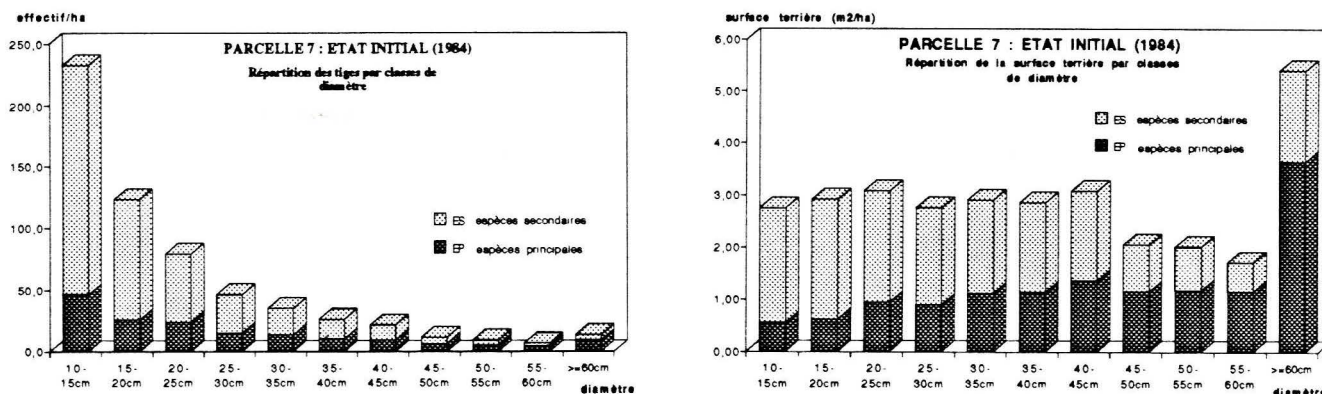


Figure n°1. Répartition du peuplement en classes de diamètre, espèces ayant un intérêt commercial (dites "principales") et espèces sans intérêt commercial (dites "secondaires"). Voir tableau détaillé en annexe 4, p.18.

Les espèces principales sont mieux représentées dans les grandes classes de diamètre que les espèces secondaires : si elles ne représentent que 25% de l'effectif total dans les classes inférieures à 40 cm, leur proportion atteint 56% dans les classes suivantes. On trouve en effet parmi elles de nombreuses espèces "structurantes" de la forêt, présentes dans l'étage supérieur de la végétation.

Fin 1986, la parcelle a fait l'objet d'une coupe "bois-d'oeuvre", portant sur 63 pieds (soit **10,1/ha****, représentant une surface terrière de **3,1 m²/ha**) d'essences principales faisant plus de 50 ou 60 cm de diamètre (quelques pieds de plus de 40 cm ont également été prélevés). 60% des arbres exploités appartenaient à 6 essences : Wapa (*Eperua falcata*, et *Eperua grandiflora*), Gonfolo (*Qualea rosea* et *Qualea albiflora*), Angélique (*Dicorynia guianensis*), Grignon (*Ocotea rubra*), Manil (*Symphonia globulifera* et *Moronobea coccinea*).

* Ensemble des tiges de plus de 10 cm de diamètre (à 1m30).

** La moyenne en Guyane, sur la bande côtière, se situe aux environs de 2 pieds/ha.

Les conséquences de l'exploitation sur le peuplement résiduel sont présentées ci-dessous :

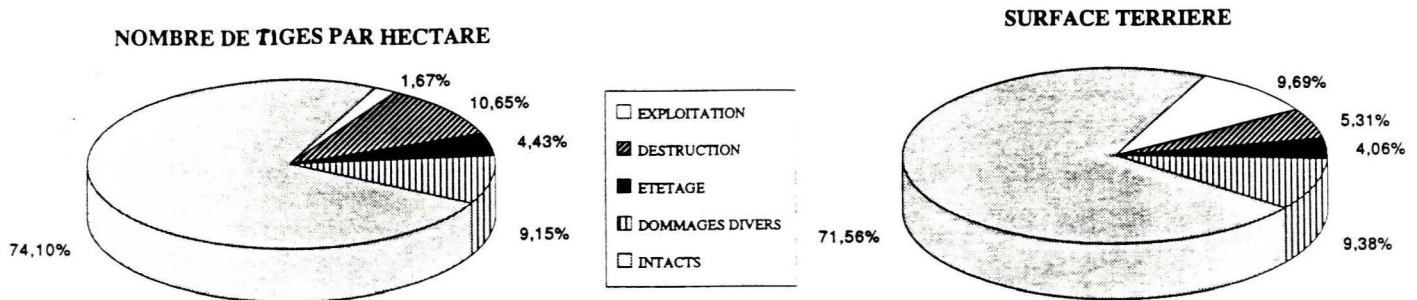


Figure n°2. Effet de l'exploitation sur le peuplement de la parcelle 7 (d'après les données collectées par SCHMITT - op. cit. ²).

L'état du peuplement en 1987 (tableau + diagrammes) est décrit en annexe 4, p.19.

4.3.1.2. Etat actuel.

1) Structure.

L'étude de terrain ayant été réalisée en 1991, nous nous sommes intéressés aux résultats de l'inventaire de 1990.

A la fin de cette année-là, la parcelle compte **503 tiges/ha** de plus de 10 cm de diamètre (en légère diminution depuis l'exploitation*, **83% de l'effectif 1984**), représentant une surface terrière de **26,3 m²** (**83,2% de la surface terrière initiale**), réparties comme suit (on pourra comparer les 3 dernières classes de diamètre, ≥ 50 cm, à ce qu'elles étaient en 1984) :

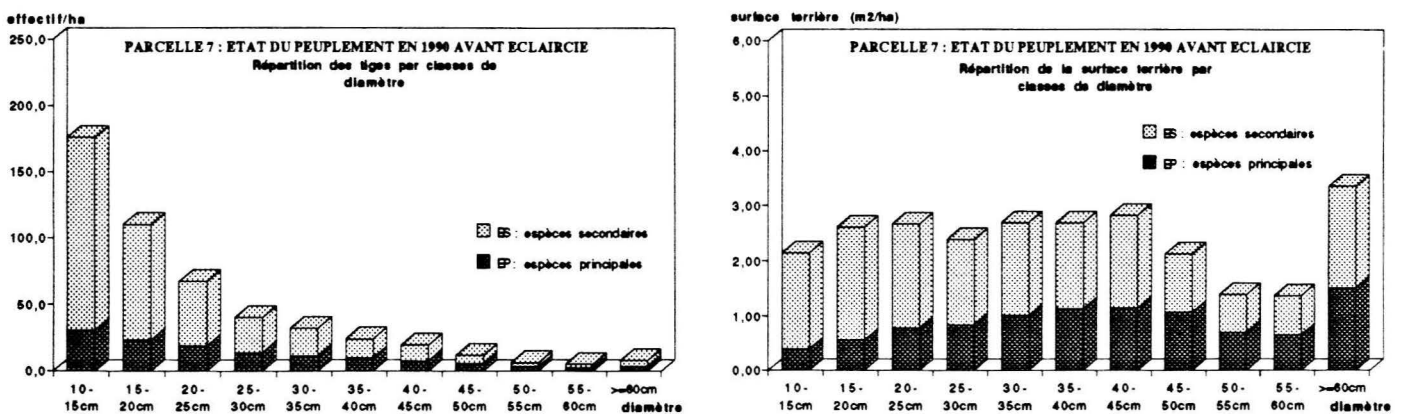


Figure n°3. Répartition du peuplement en classes de diamètre, espèces principales et espèces secondaires). Voir tableau détaillé en annexe 4, p.18.

* La mortalité "naturelle" (hors coupe d'exploitation) a nettement augmenté après l'intervention. De moins de 1% (toutes classes de diamètre confondues) avant 1986, elle est passée à plus de 2,5% en 1988 pour atteindre 1% en 1991 après une diminution progressive (DURRIEU, op. cit.).

La part des essences principales dans le peuplement des tiges de plus de 40 cm n'est plus que de 45% (56% en 1984), le rapport n'ayant pas changé dans les classes inférieures (24%, contre 25% en 1984). Le déséquilibre induit par l'exploitation reste bien visible, 4 ans après l'intervention.

2) Etat qualitatif des tiges (espèces principales).

840 arbres (134,4/ha) de plus de 10 cm de diamètre constituent le peuplement (vivant !) d'espèces principales de la parcelle 7. L'histogramme ci-dessous rend compte, grossièrement*, de son état qualitatif :

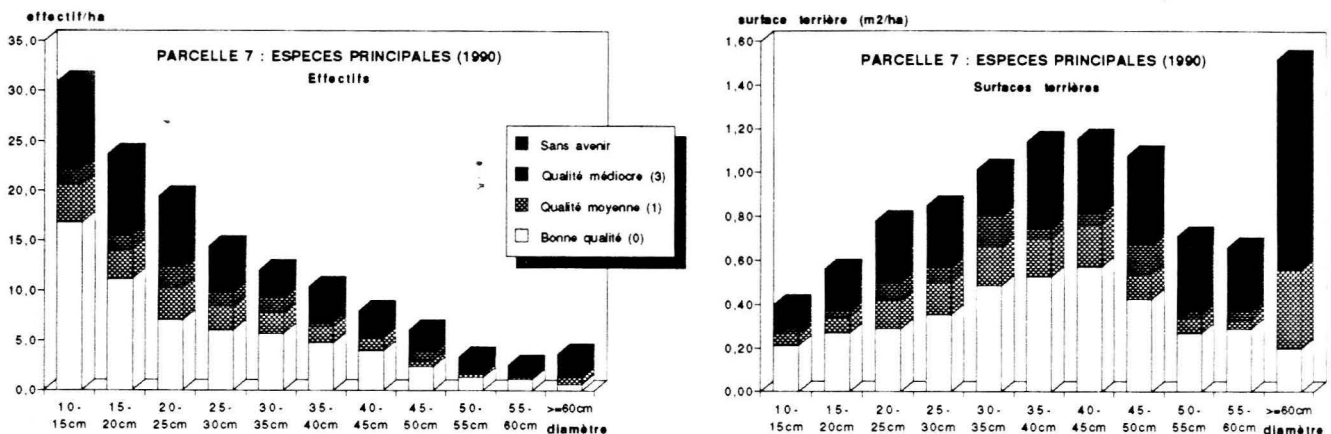


Figure n°4. Répartition en classes de diamètre, en fonction de l'état qualitatif des tiges. Voir tableau détaillé en annexe 4, p.20.

La proportion de tiges de mauvaise qualité (code 3) est relativement stable dans toutes les classes de diamètre (33% en moyenne), elle atteint cependant 53% de l'effectif total de la classe des arbres de diamètre ≥ 50 cm ("contre-sélection" exercée par l'exploitation).

Le rôle exact de l'exploitation (origine probable des défauts relevés sur le peuplement résiduel) n'a pas été analysé ici, et aucune étude qualitative n'est encore disponible sur les parcelles témoins. On observe cependant couramment arbres étêtés, penchés et blessés dans les trouées créées par l'exploitation (effet direct) et les chablis multiples qui les ont parfois suivis (effet indirect). Cela doit être pris en considération lorsque l'on étudie la réaction des arbres aux interventions. En zone exploitée, en effet, les arbres qui bénéficient directement de l'apport de lumière (et sont donc, en théorie, les plus favorisés) sont également ceux qui présentent le plus grand risque d'être exclus du peuplement d'avenir à la suite des dégâts subis.

Moins de la moitié des 840 tiges (45 %, proportion à peu près stable dans les différentes classes de diamètre exceptée la dernière), soit 61 tiges/ha, peuvent être considérées, dans un premier temps, comme étant de "bonne" qualité. Avec les tiges de moyenne et médiocre qualité, elles forment l'ensemble des "tiges d'avenir potentielles" (il y en a 90/ha, 563 au total), dont on extraira le peuplement d'avenir (voir plus loin, § 5.2.2.).

3) Statut social des tiges (espèces principales).

Comme on pouvait s'y attendre, les petites tiges ont tendance à être dominées et les grandes tiges dominantes ou codominantes (cas de 71 % des arbres de plus de 40 cm de diamètre), cela parce que

* Cette étude qualitative très sommaire ne peut donner que des résultats indicatifs. Aucune véritable grille de classification n'a encore été mise au point sur PARACOU.

à être

de nombreuses espèces principales telles que Angélique, Gonfolo rose (*Qualea rosea*), Manil marécage (*Symphonia globulifera*)..., bien représentées, ont vocation à s'installer dans la canopée.

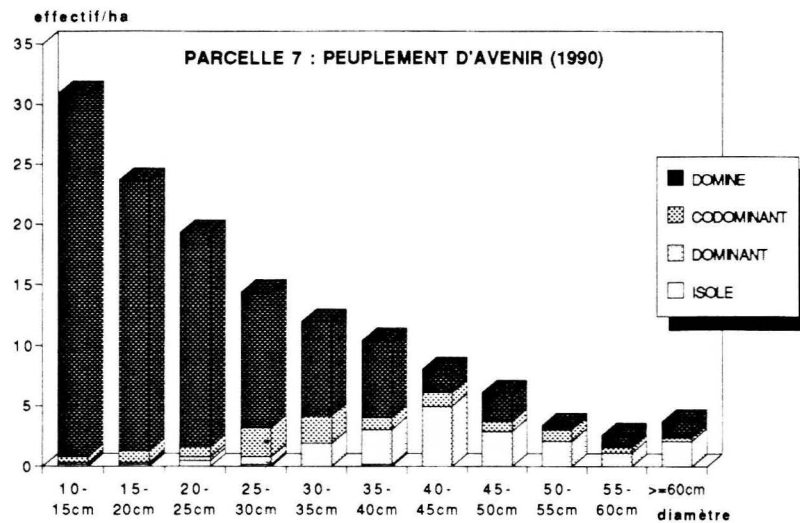


Figure n°5. Répartition en classes de diamètre, en fonction du "statut social" des tiges. Voir tableau détaillé en annexe 4, p.20.

Les arbres isolés sont peu nombreux, et essentiellement présents dans les petites classes de diamètre. On les trouve dans les trouées ouvertes par les chablis.

4) Eclaircissement des houppiers (espèces principales).

La quantité de lumière reçue par les houppiers est en grande partie fonction de la classe de diamètre des arbres : petits diamètres = arbres de petite taille = arbres dominés = faibles valeurs pour le code de DAWKINS. 81% des arbres de plus de 40 cm de diamètre disposent d'un "bon" éclaircissement (codes 4 et 5).

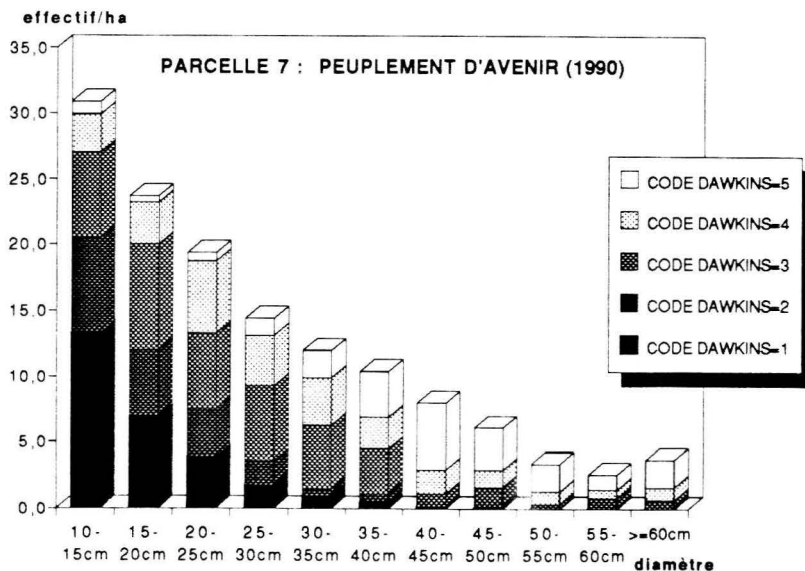


Figure n°6. Répartition en classes de diamètre, en fonction de l'éclaircissement des houppiers. Voir tableau détaillé en annexe 4, p.21.

5) Nombre de voisins "gênants" (espèces principales).

Le dénombrement et l'identification des voisins "gênants" (au sens où nous l'avons défini au § 4.2.) n'a pas été fait pour les tiges sans avenir (qualité 3). L'histogramme ci-dessous ne fait donc intervenir que les 563 tiges (soit 90,1 tiges/ha) de bonne, moyenne et médiocre qualités.

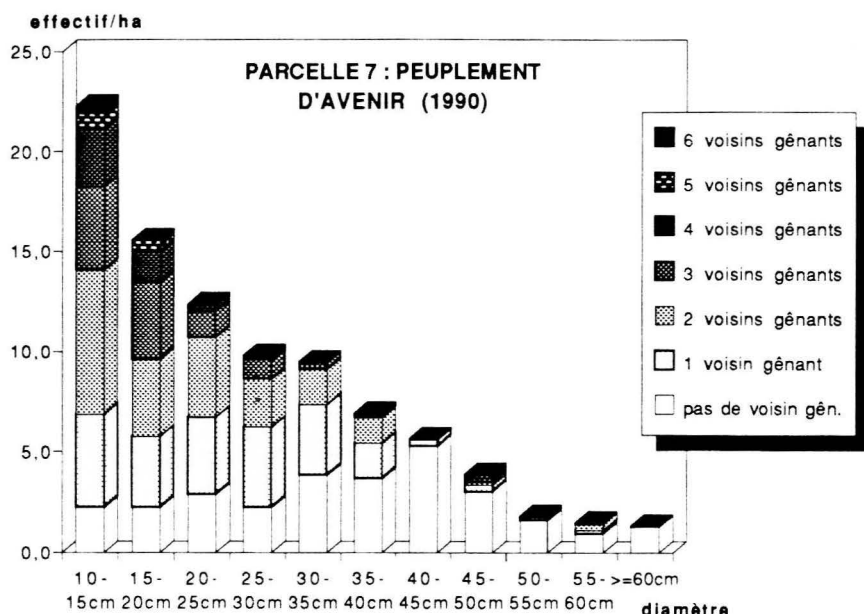


Figure n°7. Répartition en classes de diamètre, en fonction du nombre de voisins gênant chaque tige.. Voir tableau détaillé en annexe 4, p.21.

Il apparaît que seuls 32% des arbres (la plupart d'entre eux dans les grandes classes de diamètre, ce qui paraît logique) poussent sans que leur houppier soit gêné par celui d'autres arbres. Tout aussi logiquement, le nombre de voisins gênants augmente (sans dépasser 6) lorsque la taille des sujets diminue.

4.3.2. Analyse.

4.3.2.1. Voisins gênants : quelques caractéristiques importantes.

1) Distance tiges d'avenir*/voisins gênants.

La distance séparant chaque tige d'avenir de chacun de ses voisins gênants, lorsqu'elle en possède, a été calculée pour obtenir l'histogramme ci-dessous :

* Il s'agit des "tiges d'avenir potentielles".

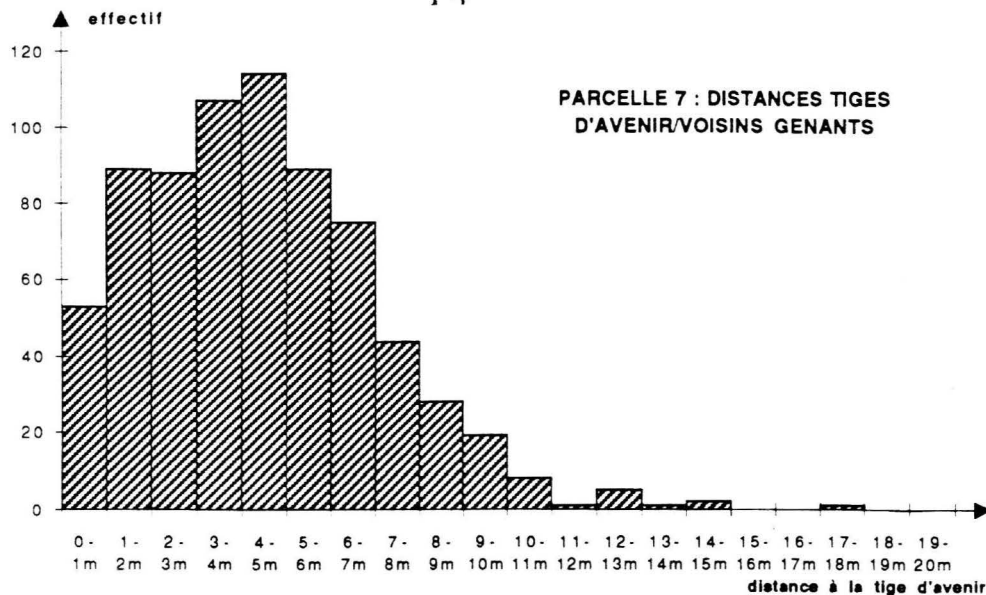


Figure n°8. Distances entre tiges d'avenir et voisins gênants. Voir tableau des fréquences cumulées en annexe 4, p.22.

97,5% des voisins gênants se trouvent dans un rayon de 10 m autour des tiges d'avenir, la distance maximum enregistrée étant de 17,5 m. Cette observation est importante pour la recherche de règles d'éclaircie, nous y reviendrons au chapitre V.

2) Taille des voisins gênants.

L'idée était de rechercher l'existence d'une liaison éventuelle entre taille des tiges d'avenir et taille de leurs voisins gênants, pour pouvoir mieux orienter les interventions en éclaircie. Nous avons considéré dans un premier temps le diamètre moyen de tous les voisins gênants chaque tige, puis le diamètre du plus petit de ces voisins gênants. Les deux nuages de points obtenus sont présentés ci-dessous :

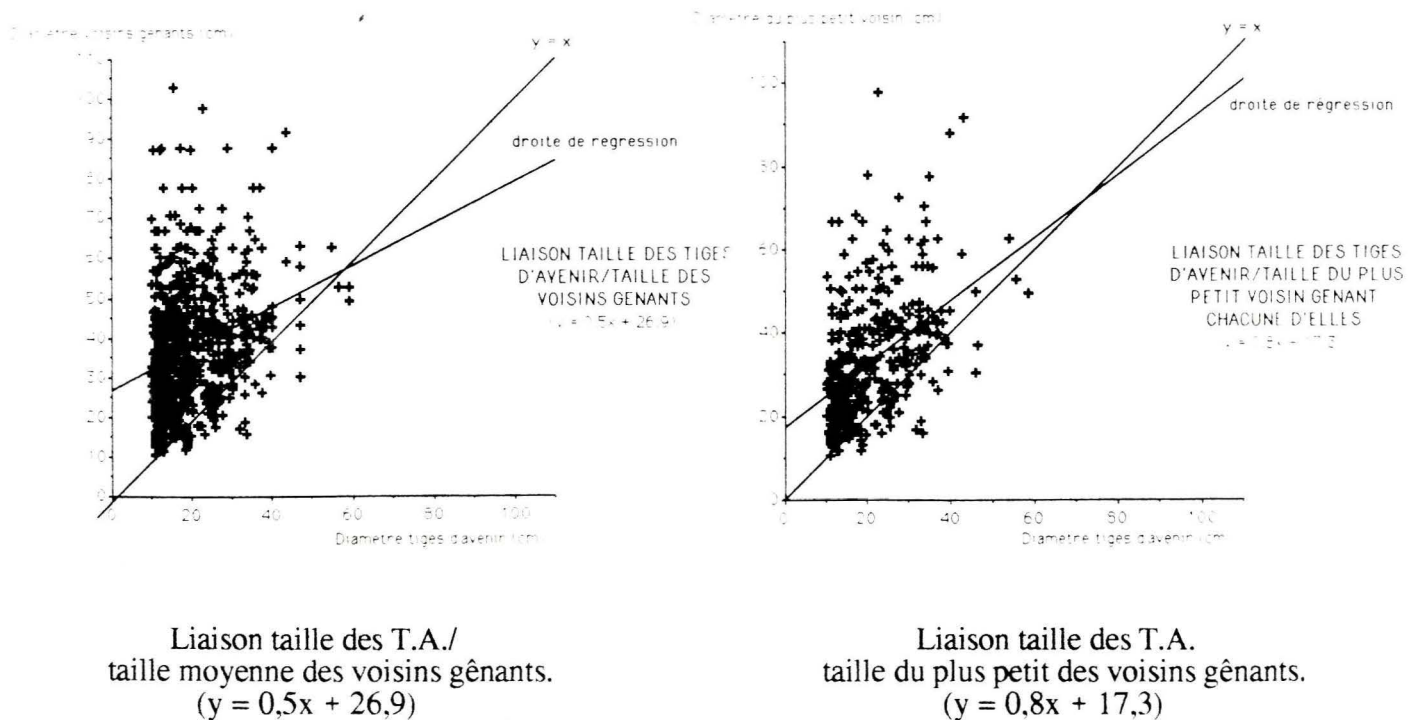


Figure n°9. Les tableaux d'analyse de la variance associés aux deux régressions figurent en annexe 4 p.23.

Il existe dans les deux cas une liaison positive significative mais faible : $r = 0,3$ d'une part, $r = 0,45$ d'autre part : la taille des voisins a tendance à augmenter avec celle de l'arbre sujet. Par ailleurs, l'essentiel des points se trouve situé "au-dessus" de la droite d'équation $y=x$, ce qui signifie que les voisins sont, pour la plupart d'entre eux, de taille supérieure ou égale à celle de la tige qu'ils gênent. Cette tendance devient de moins en moins nette lorsque les diamètres augmentent (cf. les pentes respectives des deux droites de régression).

4.3.2.2. Etude globale des relations entre descripteurs, classes de diamètre, croissance et espèces.

1) Remarque sur la variable "croissance" utilisée dans la suite de l'analyse.

En annexe 5 figurent une série de "courbes" de croissance individuelle, qui permettent de se faire une idée de la variabilité annuelle de cette dernière.

Pour pouvoir tirer parti de l'ensemble des données d'inventaire, nous avons préféré au calcul d'une moyenne annuelle (qui ne permet d'utiliser que la première et la dernière campagnes) celui de la pente (a) de la droite de régression individuelle :

$$\text{diamètre} = a * (\text{campagne}) + b$$

sur 7 points (parcelles témoins : 1984 à 1990, campagnes 1 à 7) ou sur 2 fois 3 points* (parcelles traitées) : avant (campagnes 1 à 3) et après (campagnes 5 à 7) interventions sylvicoles. En pratique, sur la parcelle 7, c'est la croissance après exploitation qui a été étudiée, pour la mise en évidence de liaisons éventuelles avec des descripteurs utilisés en 1991.

Le choix d'une droite comme modèle de la croissance individuelle peut se justifier ici :

- par la brièveté de la période considérée (7 ans), au regard de la durée de vie potentielle des arbres;
- par le fait que nous ne connaissons pas l'âge de ces arbres et qu'il est donc difficile de les situer sur une "trajectoire" (diamètre=f(t)) de référence ajustable par des modèles classiques (modèle logistique, modèle de Gompertz...).

Remarque : les arbres ne pouvant faire l'objet d'un calcul fiable, (arbres possédant des troncs de section très irrégulière, ou des contreforts ayant nécessité de remonter le niveau des mesures au cours des 7 années d'étude) n'ont pas été pris en compte lors des analyses.

2) ACM.

Cette analyse a porté sur 351 arbres extraits du peuplement étudié, appartenant aux 7 espèces les mieux représentées. Les variables prises en compte sont :

- le code espèce** ,
- les 3 descripteurs statut social (sans la modalité "isolé", trop peu représentée), code de DAWKINS et nombre de voisins gênants,
- la taille en 1990 (codée en 5 classes de diamètre),

* **NB** : le but n'était pas de réaliser un ajustement fiable, impossible avec si peu de points.

** Il aurait en fait été plus correct de traiter à part cette variable "signalétique" et de réaliser, après analyse des 6 autres variables, une projection de ses modalités en individus supplémentaires. Ce travail a été refait, sur les suggestions de JC. BERGONZINI, mais les modifications entraînées sont tout à fait minimales et ne remettent absolument pas en cause les commentaires qui suivent.

- la croissance annuelle après exploitation et "l'accélération de la croissance" (différence entre croissance avant et après exploitation), codés en 6 classes,

soit 7 variables possédant au total 38 modalités. On trouvera en annexe 6 la liste de ces modalités et les effectifs concernés, le graphe des valeurs propres, les rapports de corrélation calculés pour les 2 premiers axes factoriels.

Sur les figures n° 10 ci-dessous et 11, p.17, sont représentés d'une part les rapports de corrélation entre coordonnées factorielles des individus et chaque variable étudiée et d'autre part la projection des modalités sur le premier plan factoriel.

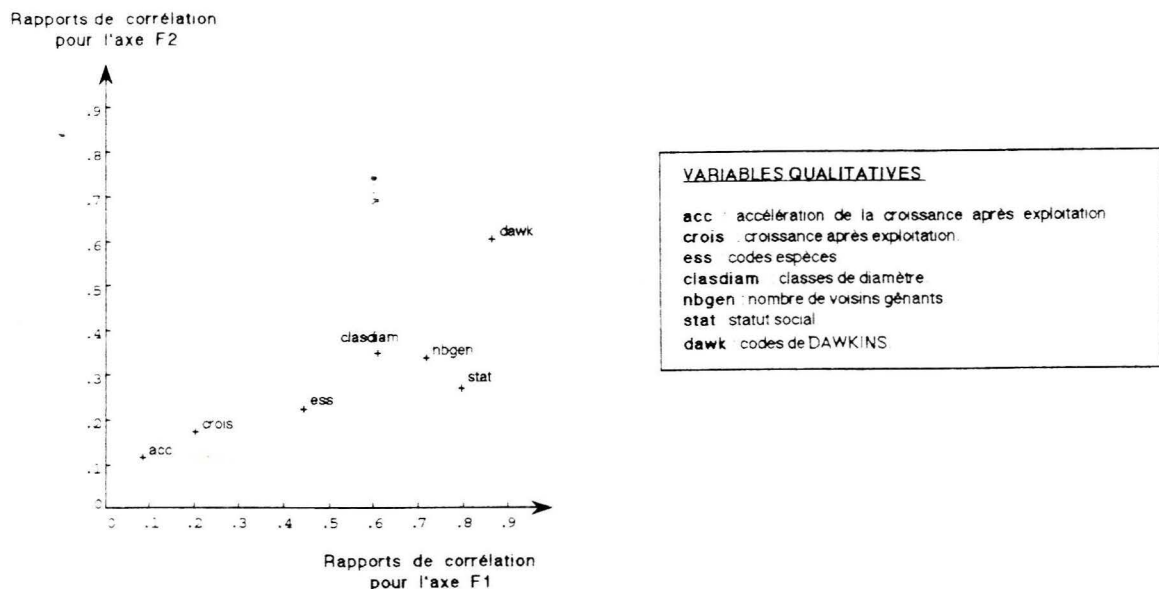


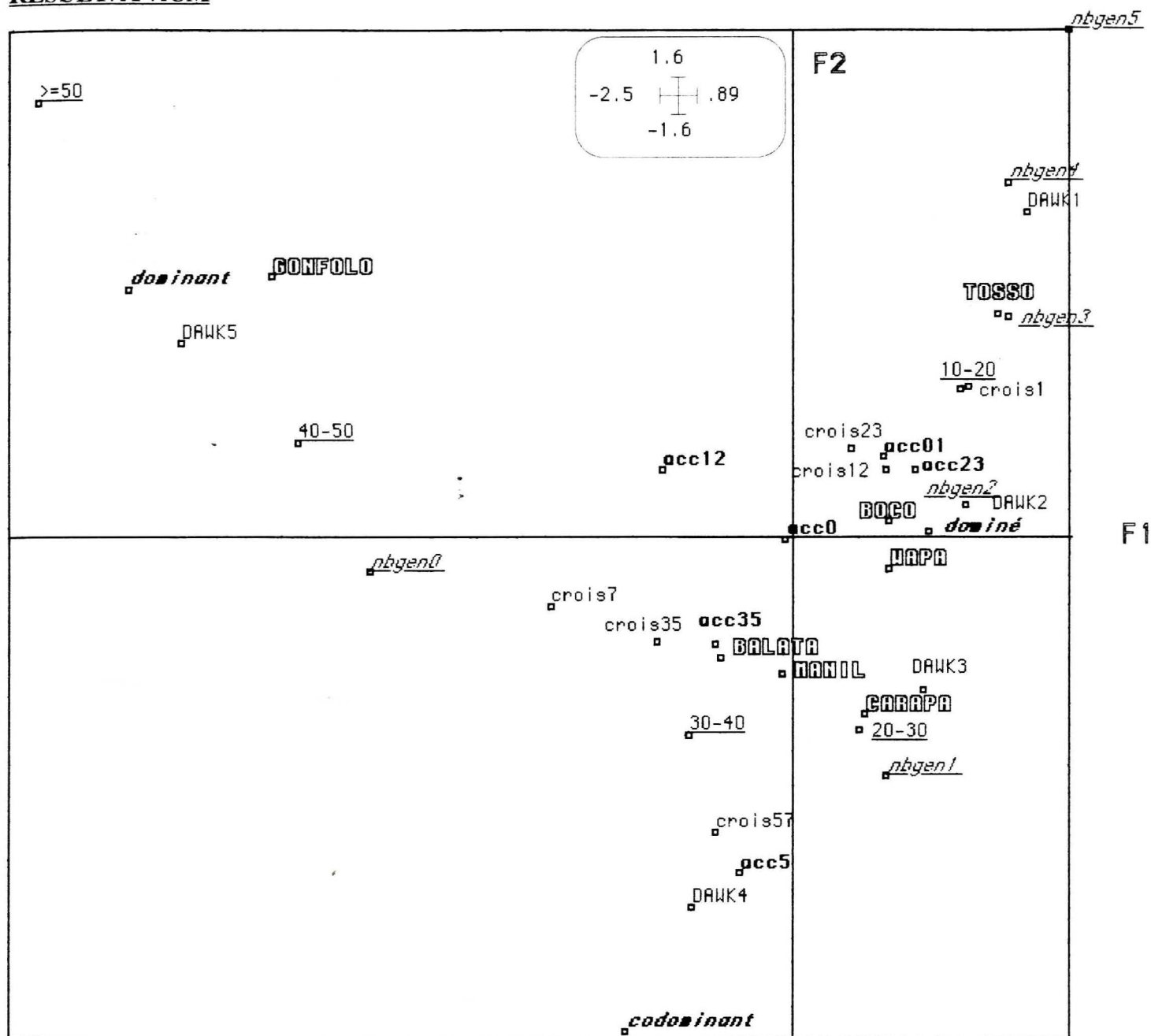
Figure n°10. *Interprétation des 2 premiers axes de l'ACM. Voir valeur des rapports de corrélation en annexe 6, p.27 et 28.*

L'essentiel de l'information est extrait par le premier axe (voir aussi graphe des valeurs propres en annexe, p.27). Les variables les mieux prises en compte (c'est-à-dire dont les modalités sont séparées au mieux par l'analyse) sont le code de DAWKINS (à la fois sur le premier et le deuxième axe), le statut social, le nombre de voisins gênants et le diamètre des arbres. **Les modalités de la croissance et de son accélération sont mal distinguées.** Des courbes de Gauss (calculées à partir de la moyenne et de la variance des coordonnées des individus porteurs de chacune des modalités) permettant de visualiser l'importance des "chevauchements" entre modalités de chaque variable, illustrent les observations précédentes en annexe 6, p.29.

On remarque, sur le plan factoriel F1/F2, la proximité des modalités "grande taille" (≥ 50 , 40-50), "dominant", "plein éclaircissement du houppier" (DAWKINS 5), "aucun voisin gênant" (nbgen0), opposées sur l'axe F1 aux modalités "petite taille" (10-20, 20-30), "dominé", "houppier peu éclairé" (DAWKINS 1 et 2), "plusieurs voisins gênants" (nbgen2, 3, 4 et 5) et illustrant clairement les commentaires des paragraphes 4.3.1.2., 3), 4) et 5) ci-dessus.

La variable "statut social" n'apporte que peu d'information par rapport à la variable "code de DAWKINS" (en général, les tiges dominantes ont un DAWKINS de 5, les codominantes un DAWKINS de 4 et les dominées un DAWKINS de 3, 2 ou 1...). Elle ne sera pas prise en compte pour l'étude de la croissance.

En ce qui concerne les espèces, le Gonfolo rose (*Qualea rosea*), représenté essentiellement par de grandes tiges dominantes, se retrouve isolé du côté de l'axe correspondant à ces modalités, alors



VARIABLES ET MODALITES

- **Espèces** : Boco, Balata pomme, Carapa, Gonfolo rose, Manil, Tosso passa, Wapa.
- **Classes de diamètre** : 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, plus de 50 cm (bornes sup. exclues).
- **Statut social** : dominant, codominant, dominé.
- **CODES DE DAWKINS** : 1, 2, 3, 4, 5 (voir annexe).
- **Nombre de voisins gênants** : aucun (nbgen0), 1 voisin gênant (nbgen1), 2 voisins gênants (nbgen2), 3 voisins gênants (nbgen3), 4 voisins gênants (nbgen4), 5 ou 6 voisins gênants (nbgen5).
- **Accélération de la croissance (sur le diamètre)** : négative (acc0), entre 0 et 1 mm/an (acc01), entre 1 et 2 mm (acc12), entre 2 et 3 mm (acc23), entre 3 et 5 mm (acc35), plus de 5 mm/an (acc5).
- **Croissance (en diamètre) après exploitation** : moins de 1 mm/an (crois1), de 1 à 2 mm (crois12), de 2 à 3 mm (crois23), de 3 à 5 mm (crois35), de 5 à 7 mm (crois57), plus de 7 mm/an.

Figure n°11 - Projection des modalités sur le plan factoriel F1/F2.

que le Tosso passa (*Iryanthera sagotiana*), caractérisé par de nombreuses petites tiges dominées lui est opposé. Les autres espèces se retrouvent proches du barycentre, et se confondent sur l'axe 1 (voir courbes de Gauss en annexe 6 p.29).

Les différentes modalités de la croissance et de son évolution avant et après exploitation sont regroupées à proximité du barycentre. Bien que les chevauchements soient importants entre elles (voir courbes de Gauss), on peut noter que les croissances (et accélérations) les plus fortes sont associées aux classes de diamètre intermédiaires (20-30 et 30-40) (on trouvera une illustration assez claire de ce phénomène sur les graphiques de l'annexe 2, p.7 à 14), allant de pair avec codominance et bon éclaircissement des houppiers. On observera, à l'opposé, la position des faibles croissances sur le plan. Malheureusement, la mauvaise prise en compte de ces variables par l'ACM laisse prévoir des problèmes de validation des descripteurs utilisés ici, comme prédictors de croissance.

4.3.2.3. Recherche de prédictors de la croissance.

1) Etude des descripteurs "code de DAWKINS" et "nombre de voisins gênants".

2 ANOVA à 1 facteur, réalisées sur l'ensemble des tiges d'avenir potentielles pour lesquelles la croissance peut être calculée (soit 539 tiges sur 563) indiquent un effet significatif* des deux descripteurs (voir tableaux p.19 et annexe 7, p.31) sur la croissance annuelle après exploitation :

- les codes de DAWKINS sont séparés en 3 groupes différents : 1 d'une part, 2,3,4 d'autre part et 5 enfin;
- les classes "nombre de voisins gênants", par contre, se chevauchent, et une différence significative n'existe qu'entre la première (aucun voisin gênant) et l'avant-dernière (4 voisins gênants).

Ce résultat, global, ne peut évidemment être utilisé qu'avec précaution :

- les différentes espèces présentes n'ont pas toutes le même comportement vis-à-vis de la lumière;
- certaines espèces à croissance lente et peu représentées dans les grandes classes de diamètre (donc caractérisées par des codes de DAWKINS en général inférieurs à 3 et des voisins gênants plus nombreux, exemple du Tosso passa) ou ayant au contraire une forte croissance et peu représentées dans les petites classes (exemple du Gonfolo rose) peuvent contribuer à l'individualisation des différents groupes, indépendamment de tout effet particulier de l'éclaircissement des houppiers.

Nous avons, dans un premier temps, cherché à nous affranchir de ces problèmes en refaisant les analyses séparément pour les 7 espèces les plus fréquentes ayant déjà fait l'objet de l'ACM. Les résultats sont synthétisés dans le tableau de la p.19 et en annexe 7. L'influence des descripteurs a par ailleurs été représentée sur des graphiques croissance annuelle = f(diamètre en 1988), figurant en annexe 7 (p.32 à 34). Les plus caractéristiques sont reproduits p.19 (figure n°12) illustrant deux types de comportements différents : le Carapa (*Carapa procera*) semble être une espèce sensible à l'éclaircissement de son houppier, et ce dans toutes les classes de diamètre, alors que le Manil marécage (*Symphonia globulifera*) ne le serait pas (cette espèce affectionne les terrains humides et l'eau constitue vraisemblablement pour elle un facteur plus limitant que la lumière).

Parmi les autres espèces étudiées, seuls le Wapa (*Eperua falcata*) et le Gonfolo rose sembleraient être sensibles au facteur lumière, mais :

* Avec un risque d'erreur de première espèce de 5%.

ESPECE	CODE DE DAWKINS															Proba. Fobs > Fthe	Séparation des codes * *
	1			2			3			4			5				
	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var.		
BOCO	5	0,127	0,011	9	0,203	0,016	9	0,186	0,022	5	0,143	0,004	4	0,219	0,031	0,7607 (NS)	(1 4 3 2 5)
BALATA POMME	4	0,1	0,01	3	0,19	0,01	10	0,29	0,04	5	0,38	0,04	7	0,36	0,01	0,0782 (NS)	(1 2 3 5 4)
CARAPA	5	0,207	0,037	7	0,33	0,035	13	0,306	0,049	6	0,69	0,06	5	0,748	0,081	0,0004	1 3 2 4 5
GONFOLO ROSE*	5	0,095	0,008	3	0,186	0,015	3	0,769	0,521	4	0,497	0,065	29	0,491	0,068	0,0126	1 2 5 4 3
MANIL MAR.	11	0,369	0,068	11	0,398	0,12	14	0,54	0,051	16	0,433	0,065	8	0,338	0,048	0,3998 (NS)	(5 1 2 4 3)
TOSSO PASSA	16	0,149	0,009	12	0,219	0,036	12	0,119	0,024	3	0,212	0,015	2	0,239	0	0,4265 (NS)	(3 1 4 2 5)
WAPA	34	0,16	0,027	13	0,312	0,037	33	0,244	0,036	23	0,242	0,05	4	0,398	0,008	0,0323	1 4 3 2 5
Toutes espèces	107	0,177	0,03	86	0,295	0,057	138	0,337	0,073	106	0,355	0,074	102	0,479	0,1	0,0001	1 2 3 4 5

* : l'élimination du code 3, caractérisé par une très forte variance, conduit à la distinction des codes 1, 2, d'une part et 4, 5, d'autre part (P associée = 0,0056).

** : Interprétation : les groupes en italique, en gras, ou encadrés ne sont pas significativement différents. Le mélange des styles s'interprète comme un chevauchement entre groupes.

Tableau n°1. Résultats ANOVA à 1 facteur fixe (codes de DAWKINS).

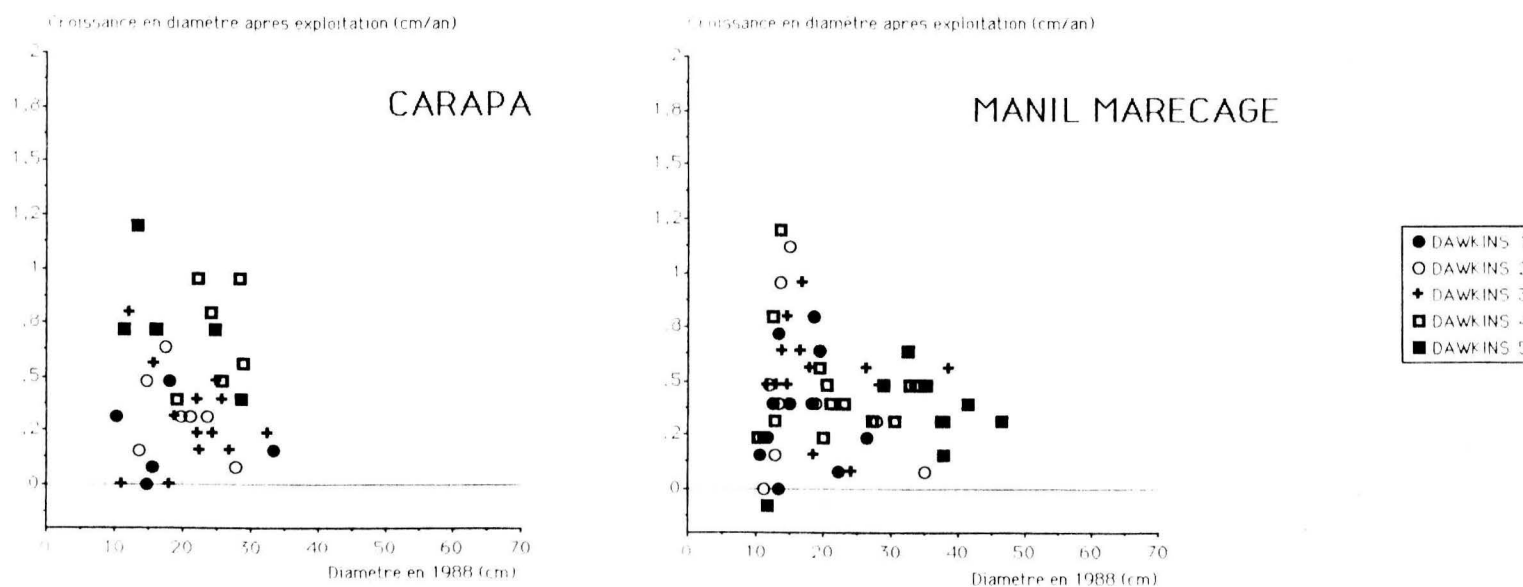


Figure n°12. Influence de l'éclaircissement des houppiers sur la croissance du Carapa et du Manil marécage (voir en annexe 7, p.32, les graphiques réalisés pour les autres espèces).

- le chevauchement entre groupes est très large chez le Wapa,
- le Gonfolo n'est représenté, dans cette parcelle, que par de gros individus dominants, ce qui fausse toute analyse.

L'examen des différents graphiques de l'annexe 7 fait clairement apparaître plusieurs problèmes :

- la liaison "éclairage du houppier" (ie code de DAWKINS ou nombre de voisins gênants) / diamètre de la tige, déjà signalée au § 4.3.2.2.;
- une très grande variabilité de la croissance chez les tiges petites et moyennes (jusqu'à 30 cm de diamètre), voire dans toutes les classes de diamètre comme chez le Wapa;
- un effet plus ou moins net du diamètre sur la croissance : chez le Boco (*Bocoa prouacensis*), le Manil marécage, le Tosso passa, elle semble diminuer dans les grandes classes de diamètre. Chez le Gonfolo rose, la croissance est la plus forte dans les classes de diamètre intermédiaires : l'ajustement d'un polynôme du 2ème degré permet d'expliquer 20% de la variance observée.

L'interaction "éclairage"/diamètre de la tige pourrait être étudiée à l'aide d'ANOVA à 2 facteurs, mais on se heurte immédiatement au problème des effectifs nuls ou très faibles dans la plupart des cases des tableaux croisés.

Une autre solution consiste à essayer de trouver un modèle décrivant correctement la croissance des arbres en fonction de leur diamètre. Dans ce cas, on peut poser :

$$\text{croissance} = f(\text{diamètre}) + \text{résidu1},$$

et tester l'hypothèse :

$$\text{résidu1} = f(\text{éclairage}) + \text{residu2}.$$

Une série de graphiques croissance moyenne annuelle = $f(\text{diamètre en 1988})$, réalisés sur l'ensemble du dispositif pour différentes espèces bien représentées, dont les 7 précédentes, figure en annexe 2, p.7 à 14. L'examen de ces graphiques suggérerait, en ce qui concerne le traitement 1 et en faisant abstraction des classes de diamètre supérieures représentées par des effectifs de tiges trop faibles, l'ajustement :

- de modèles du type $y = ax - bx^2$ pour le Carapa, le Gonfolo ou le Tosso passa (modèle de croissance logistique*),
- de modèles du type $y = ax (\text{LogK} - \text{Log}x)$ pour le Manil et le Wapa (modèle de croissance de Gompertz*).

Si l'on se restreint au cas de la parcelle 7, cependant, les choses se "gâtent". Seul le Gonfolo rose paraît susceptible d'un ajustement par un polynôme du 2ème degré (cf. remarque précédente), mais le déséquilibre entre classes de diamètre et codes de DAWKINS rend toute étude plus poussée impossible. Nous avons également essayé d'ajuster un modèle de Gompertz aux données du Boco : le résultat, assez peu concluant (10,1% de la somme des carrés des écarts totaux "prise en compte" par le modèle, vraisemblablement peu adapté car il subsiste une structure sur les résidus), figure en annexe 7, p.35 et 36. L'ANOVA à un facteur (code de DAWKINS) des résidus de la régression n'est pas significative. En ce qui concerne les autres espèces, aucune structure particulière n'est décelable.

* Avec y = croissance annuelle en diamètre, et x = diamètre de l'arbre. On admet alors implicitement que le diamètre est une mesure de l'âge de l'arbre, ce qui est faux en forêt tropicale. Cela explique sans doute en grande partie la mauvaise qualité des ajustements obtenus.

En définitive...

L'étude de l'influence de l'éclairement des houppiers sur la croissance des arbres (du moins pour les 7 espèces étudiées) est peu concluante. Différents problèmes se posent, en particulier :

- données trop peu nombreuses, dès que l'on veut s'intéresser à une espèce et une classe de diamètre particulières;
- mesure très "subjective" et approximative de l'éclairement des houppiers à travers la classification de DAWKINS, et la détermination des voisins gênants (cf. remarque faite au § 2.2.4. à propos de la simulation CIRAD-Forêt/ONF); la classification de DAWKINS ne prend notamment pas en compte la densité du feuillage des arbres dominants ni donc l'importance de l'obstacle opposé par ceux-ci à la pénétration de la lumière;
- existence d'autres facteurs influençant la croissance tels que l'accès aux ressources du sol, mais aussi, comme VAN GEMERDEN et GEUZE (1992) l'ont récemment montré à PARACOU pour l'Angélique*, le stade architectural des arbres.

Toujours à la recherche de prédicteurs de croissance, nous nous sommes alors tournés vers des indices de compétition plus classiques.

2) Etude de quelques indices indépendant ou dépendant de la distance.

Nous avons étudié les indices suivants :

- **indépendants de la distance** : nombre total de voisins (NBT) et surface terrière cumulée (ST) sur une placette circulaire de rayon variable centrée sur le sujet (lequel n'est pas pris en compte),

- **dépendants de la distance** : indices de STENEKER et JARVIS, s'exprimant de la manière suivante :

$$\begin{aligned} IC1 &= \sum_j [D_j / L_{ij}] , \\ IC2 &= \sum_j [D_j / (L_{ij})^2] , \\ IC3 &= \sum_j [D_j^2 / L_{ij}] , \\ IC4 &= \sum_j [D_j^2 / (L_{ij})^2] , \end{aligned}$$

avec : D_j : diamètre du jème voisin (cm), L_{ij} : distance entre le sujet et le jème voisin (m), \sum_j calculée pour tous les voisins présents sur les placettes utilisées pour le calcul de NBT et ST**.

* VAN GEMERDEN et GEUZE n'ont pu mettre en évidence un effet significatif du code de DAWKINS sur la croissance de cette espèce (80 arbres étudiés dans les parcelles témoin), dont les représentants adultes font cependant partie des plus grands arbres de la forêt. Une analyse plus détaillée par stade architectural a été réalisée, mais s'est révélée peu concluante du fait du déséquilibre important entre classes et de trop faibles effectifs, ce qui constitue un réel problème dès que l'on cherche à réduire les sources de variabilité.

** Entre autres problèmes, ces calculs posent celui des voisins à prendre en considération sur la période d'étude (7 ans en parcelle témoin, 2 fois 3 ans en parcelles traitées) : que faire des arbres morts, et recrutés au cours de cette période ? Nous avons pris le parti de négliger l'effet des recrutés, par contre les arbres vivants en début de période de calcul (1984, ou 1988), morts par la suite, ont été comptabilisés, en partant du principe (peut-être erroné) que leur éventuelle influence sur la croissance des sujets pouvait être ressentie encore pendant quelque temps (il s'agit évidemment d'un point discutable : un gros dominant mort sur pied continuera

Tous ces indices ont été calculés sur des placettes de rayon variable (de 5 à 12 m, par pas de 1 m) autour de tiges appartenant à des espèces principales, sur 2 parcelles témoin et sur la parcelle 7 (toutes qualités confondues). Les résultats figurent en annexe 8 (graphiques corrélation/distance et tableaux correspondants, p.38 à 40, pour les parcelles 1 et 7). Il en résulte que :

- les indices NBT, ST, IC1 et IC3 donnent des résultats équivalents : les coefficients de corrélation linéaire obtenus sont significatifs mais faibles ($r = -0,10$ à $-0,25$);
- les indices IC2 et IC4 ne sont pas significativement corrélés à la croissance (ou très légèrement, après exploitation, en parcelle 7)*. Il s'agit de ceux pour lesquels la distance entre arbres intervient de façon importante (terme au carré), ce qui peut s'expliquer ainsi : les coordonnées étant relevées à 0,5 m près, il arrive que des arbres possèdent les mêmes, et que la distance qui les sépare soit nulle. Nous avons réalisé les calculs en remplaçant ces distances par différentes valeurs, allant de 0,1 à 0,5 (cette dernière valeur a fourni les meilleurs résultats, en terme de corrélations linéaires), mais leur influence reste vraisemblablement trop forte. Il faut par ailleurs signaler que les relations intervenant entre voisins proches ne sont vraisemblablement pas uniquement des relations de compétition, et que des phénomènes de commensalisme peuvent intervenir;
- les coefficients sont plus élevés après exploitation sur la parcelle 7, mais cela était prévisible : 63% des tiges étudiées ont vu leur croissance augmenter après exploitation, du fait d'une diminution de la "pression environnementale", pendant que le nombre de voisins (descripteur relativement peu efficace en situation non perturbée) diminuait autour de 79% d'entre eux, dans un rayon de 10 m. Les deux phénomènes se cumulent;
- en ce qui concerne le rayon des placettes, aucune tendance nette ne se dégage : sur la parcelle 1, on observe un "pic" dans les valeurs de corrélation à 7 m pour la variable nombre de voisins; sur la parcelle 7 avant exploitation, aucune influence de la distance n'est décelable, alors qu'après exploitation, les corrélations les plus fortes sont observées entre 9 et 11 m. Sur la parcelle 6 (autre parcelle témoin étudiée), les valeurs maximum sont obtenues à 7 et 12 m pour tous les indices. Si l'on restreint l'étude à la moitié nord de la parcelle 1, la distance critique est 10 m.

L'étude des voisins gênants (voir § 4.3.2.1., 1)) ayant montré qu'ils étaient, pour la plupart d'entre eux, situés à moins de 10 m des sujets, nous avons retenu ce rayon pour comparer "l'efficacité" des différents descripteurs sur les 563 tiges d'avenir de la parcelle 7 (voir tableau ci-dessous) :

vraisemblablement de gêner ses voisins jusqu'à ce qu'il tombe, alors qu'un chablis les stimulera s'ils lui ont survécu !).

* Dans leur étude sur la croissance de jeunes peuplements résineux, STENEKER ET JARVIS indiquent que ces 2 mêmes indices donnent de moins bons résultats que les autres. Ils conseillent de ne pas utiliser (distance)² dans les indices de compétition.

F. BESSE (1984) a étudié l'influence de l'environnement sur la croissance du Ba (*Celtis mildbraedii*) en forêt dense humide semi-décidue de Côte-d'Ivoire. Il note lui aussi la mauvaise performance d'un indice de type IC2 (dans lequel D_j est remplacé par ST_j), lui préférant des indices de surface terrière cumulée, calculés pour chaque classe de diamètre des voisins présents autour de l'arbre sujet sur une placette circulaire de rayon 10m. Il met ainsi en évidence l'influence différente des environnements constitués en majorité de grosses, de moyennes ou de petites tiges, en fonction de la taille du sujet considéré.

ESPECE	R2 (ANOVA)		R2 (régression linéaire)									
	DAWKINS		NB GENANTS		NBT		ST		IC1		IC3	
BOCO	0,06	NS	0,05	NS	0,15	*	0,16	*	0,07	NS	0,06	NS
BALATA POMME	0,29	NS	0,18	NS	0,3	*	0,18	*	0,04	NS	0,02	NS
CARAPA	0,48	***	0,33	**	0,32	**	0,34	**	0,23	*	0,26	*
GONFOLO ROSE	0,27	*	0,07	NS	0,11	*	0,05	NS	0,21	**	0,17	*
MANIL MAR.	0,07	NS	0,001	NS	0,17	**	0,14	*	0,23	**	0,18	**
TOSSO PASSA	0,09	NS	0,03	NS	0,05	NS	0,04	NS	0	NS	0,01	NS
WAPA	0,1	*	0,03	NS	0,05	*	0,11	**	0,1	**	0,12	**
TOUTES ESPECES	0,12	***	0,07	***	0,07	***	0,08	***	0,08	***	0,08	***

Groupes significativement différents (ANOVA), et coefficients de corrélation significativement différents de 0 :

*** (p <= 0,0005), ** (p <= 0,005), * (p <= 0,05).

Tableau n°2. Comparaison de l'efficacité des différents descripteurs pour la prédiction de la croissance moyenne annuelle après exploitation. **NB1** : les résultats d'ANOVA concernent les 563 tiges d'avenir potentielles. Pour les régressions linéaires, les calculs n'ont porté que sur 421 de ces tiges, toutes situées à plus de 10 m des bords de la parcelle (17 individus pour le BALATA POMME, espèce la moins bien représentée). **NB2** : l'ANOVA "extrait d'avantage de variation" que la régression linéaire simple. De ce fait, le descripteur "code de DAWKINS" est avantage par rapport aux autres, et la comparaison légèrement biaisée.

Si l'on considère l'ensemble du peuplement des espèces principales étudiées, c'est le descripteur "code de DAWKINS" qui paraît être le plus efficace, bien que la part de la variance totale expliquée soit faible (12% et compte-tenu du **NB2** ci-dessus). Parmi les autres descripteurs, aucun ne se distingue particulièrement.

Cette comparaison globale n'est évidemment guère satisfaisante, dans la mesure où, comme nous l'avons vu au paragraphe précédent, on ne prend pas en compte l'effet espèce. La même comparaison, réalisée espèce par espèce, donne de meilleurs résultats, et montre que le descripteur le mieux corrélé à la croissance est :

- le code de DAWKINS pour le Carapa (prise en compte de 48% de la variance totale);
- la surface terrière pour le Boco et le Balata pomme;
- IC1 pour le Manil marécage;
- IC3 pour le Wapa.

En ce qui concerne le Tosso passa, aucune corrélation n'est significative. Le Gonfolo rose, lui, se prête mal à l'étude.

4.3.3. Conclusion.

Les phénomènes intervenant dans la régulation de la croissance sont complexes, et aborder l'influence de l'environnement à travers des indices simples paraît quelque peu illusoire, surtout dans ce type de forêt.

Or, l'objectif principal de l'étude était de comparer différents types d'éclaircies : à l'issue de ce premier travail, le problème de l'évaluation de leur efficacité reste entier.

Pour pouvoir continuer, il fallait cependant utiliser l'un des descripteurs étudiés, et notre choix s'est porté, faute de "nettement mieux", sur le **nombre de voisins gênants** pour deux raisons :

1) **Postulat, a priori défendable : les arbres réagissent favorablement à la mise en lumière.** A posteriori, cela n'a rien d'évident et nous n'avons pu en faire une démonstration claire, pour différentes raisons liées au tempérament des espèces (qui peut varier avec l'âge, ou le stade architectural) et aux problèmes que pose une mesure correcte de cet effet. Aucune conclusion n'est vraiment possible sur la base de cette étude, ce postulat reste à confirmer ou à infirmer, mais il n'est pas absurde : c'est bien celui que les sylviculteurs intègrent, lorsqu'ils pratiquent leurs éclaircies dont l'un des buts affichés est "la mise en lumière du peuplement".

Dans ce cas, le seul descripteur approprié est le nombre de voisins gênants, le code de DAWKINS (ou le statut social) devenant indéterminable une fois l'éclaircie simulée.

2) L'étude espèce par espèce étant impossible, nous avons considéré le peuplement des tiges d'avenir dans son ensemble. Le descripteur le mieux corrélé à la croissance dans ce cas est le code de DAWKINS (en ayant bien conscience de ses limites !), ce qui nous ramène au nombre de voisins gênants pour les mêmes raisons que précédemment.

5 - ETUDE DE DIFFÉRENTS TYPES D'ECLAIRCIE

5.1. Les cas de figure envisagés

5.1.1. Eclaircie systématique / éclaircie sélective.

Nous avons présenté ces deux types d'éclaircie au paragraphe 2.2.4. Elles opposent une intervention non ciblée, touchant systématiquement toute tige appartenant à une espèce dite "secondaire" dépassant un certain diamètre, à une intervention ciblée sur des "tiges d'avenir" et ne touchant que des "voisins gênants", appartenant à des espèces secondaires, avec ou sans limitation de taille.

Le premier type présente l'avantage essentiel d'être simple à mettre en oeuvre, même pour des équipes relativement peu formées, mais l'inconvénient de ne pas être souple (intensité d'éclaircie, et donc effort déployé, identiques que le peuplement soit riche ou pauvre en tiges d'avenir) et souvent peu efficace.

Le deuxième type, entre autres problèmes, pose celui de la définition d'un peuplement d'avenir, et de l'identification correcte de la "gêne" subie par ce peuplement. Il nécessite des équipes bien formées. En contrepartie, l'éclaircie peut a priori être jugée efficace (puisque la plupart des voisins gênants sont éliminés), et, surtout, elle s'adapte parfaitement à la richesse du peuplement

rencontré : éclaircie faible dans les peuplements pauvres, éclaircie forte dans les peuplements riches. L'avantage que présente cette souplesse peut cependant se discuter. Est-il ou non intéressant de n'intervenir que légèrement dans un peuplement pauvre en tiges d'avenir, sachant que l'apport de lumière pourrait favoriser une éventuelle régénération ? Au contraire, une intervention trop forte dans un peuplement riche ne lui sera-t-il pas nuisible (modification importante du microclimat, déstabilisation des arbres, risque accru de dégâts par la chute des sujets dévitalisés...) ? Sur ce dernier point, les avis sont partagés. Nous reviendrons plus bas sur les résultats obtenus à PARACOU et sur le projet CELOS, au Surinam (voir § 5.2.5.).

5.1.2. Eclaircies mixtes.

Nous avons regroupé sous ce terme un ensemble d'éclaircies possédant les caractéristiques suivantes :

- travail au profit d'un peuplement d'avenir repéré (contrairement à l'éclaircie systématique),
- intervention systématique autour des tiges d'avenir, que les voisins soient "gênants" ou non (contrairement à l'éclaircie sélective).

Exemple d'un tel type d'éclaircie : les interventions préconisées par le Service Forestier du Surinam, à la lumière des résultats obtenus par le CELOS. Au cours d'une rotation complète (20 ans), 3 éclaircies sont prévues, dont la première doit éliminer "toutes les espèces secondaires de diamètre supérieur à 40 cm* et, dans un rayon de 10 m autour d'un pied d'essence commerciale, tous les arbres de diamètre supérieur à 20 cm." (MAITRE et al, 1990).

Partant de cet exemple, nous avons retenu le principe de l'intervention sur une placette circulaire de rayon variable autour de tiges d'avenir, ce rayon pouvant :

- être fixé une fois pour toutes,
- varier en fonction de la taille des tiges d'avenir, selon différentes règles.

5.2. Mise en oeuvre des éclaircies : principes, et aperçu sur le fonctionnement des programmes.

La chaîne complète de traitement, et les différents points d'entrée des paramètres figurent p.26 (schéma n°2)**.

5.2.1. Fichiers de base.

Ce sont :

- le fichier de la parcelle 7 (PARC7.TRA), contenant les informations (essence, coordonnées, circonférences aux différentes campagnes) concernant toutes les tiges de plus de 10 cm de diamètre présentes à la campagne 7 et recrutées depuis;

* L'éclaircie comporte donc ici une partie "systématique".

** Les programmes ont été développés en C, sur PC (compilateur TURBOC). Le morcellement important de la chaîne est en partie dû aux limitations imposées par la gestion de la mémoire vive par le MS-DOS sur ce type d'ordinateur : impossibilité de manipuler de gros tableaux.

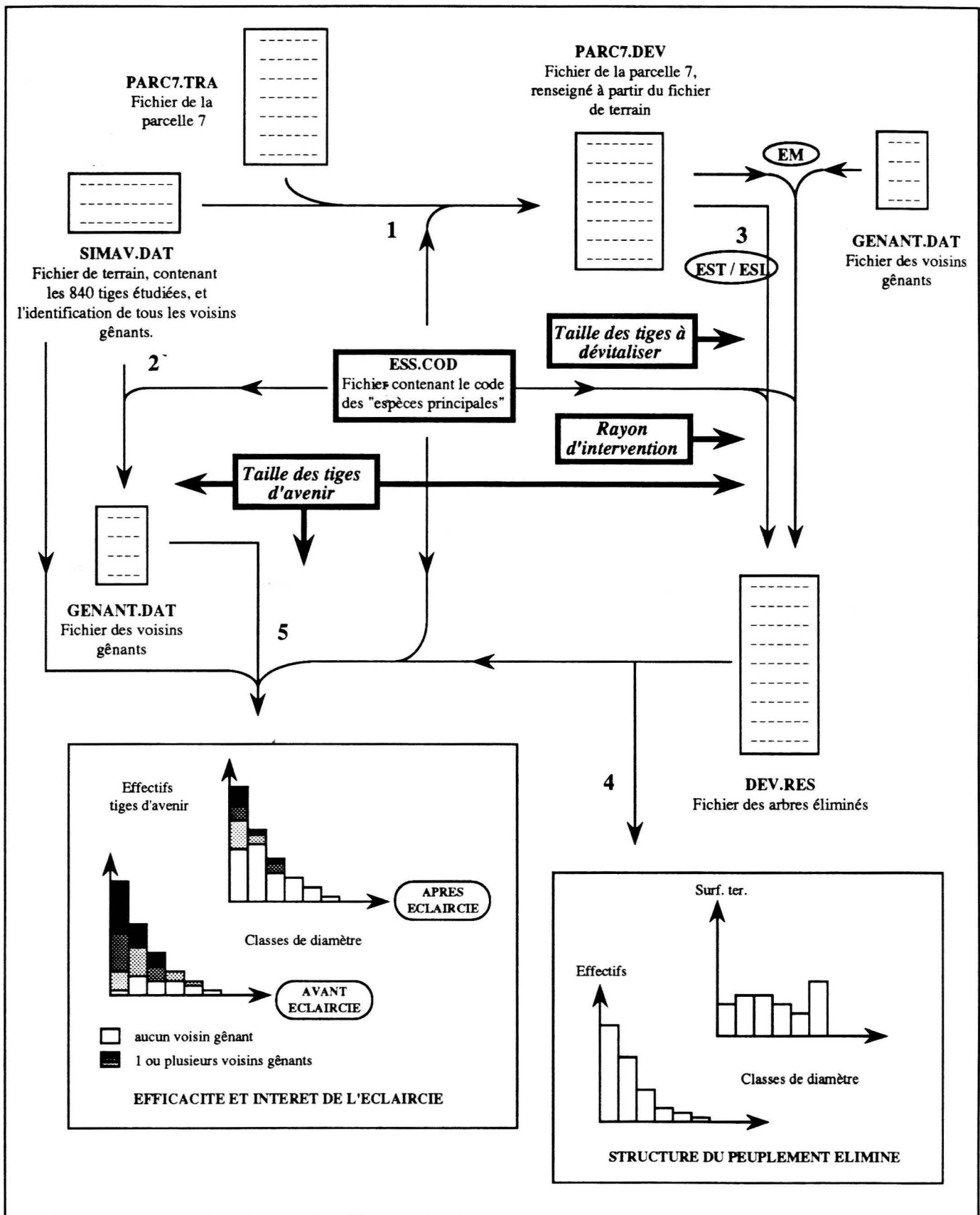


Schéma n°2. Fonctionnement de la chaîne de programmes permettant de simuler différents types d'éclaircie et d'évaluer leur efficacité.

Paramètres modifiables par l'utilisateur.

- le fichier des 840 tiges d'espèces principales étudiées (SIMAV.DAT), contenant notamment l'identité des voisins gênants;
- un fichier contenant les codes des essences considérées comme principales (ESS.COD). La modification de ce fichier, consulté systématiquement par chacun des programmes de la chaîne de traitement, permet de prendre en compte différents types de "peuplements d'avenir".

5.2.2. Identification d'un peuplement d'avenir, et des tiges "potentiellement dévitalisables". Constitution du fichier des voisins gênants.

Le peuplement d'avenir est extrait de l'ensemble des 563 "tiges d'avenir potentielles" (voir paragraphes précédents). Il peut être modifié par l'utilisateur (diamètre minimum, code essence par le biais de ESS.COD), mais 2 facteurs sont incontournables :

- toutes les tiges de diamètre supérieur au diamètre spécifié sont prises en compte : ainsi, des tiges de plus de 50 cm, bien conformées, peuvent faire partie du peuplement d'avenir, et l'objet d'un dégagement à leur profit si elles sont gênées, dans le cadre d'une éclaircie sélective. Ce choix est discutable, mais il ne concerne que peu d'individus;
- nous avons éliminé de ce peuplement, dès le départ, certaines tiges d'espèces principales (31 au total) qui en gênaient d'autres de qualité supérieure et (ou) appartenant à des essences commercialement plus intéressantes*.

Dans le fichier des espèces principales (SIMAV.DAT), un code distingue donc tiges "intouchables" et tiges "potentiellement dévitalisables", et la première étape de la chaîne consiste à renseigner le fichier de la parcelle 7 à l'aide de ce code (fabrication de PARC7.DEV : étape 1, voir schéma n°2.).

Parallèlement, le fichier des voisins gênants (GENANT.DAT) peut être constitué à partir des informations contenues dans SIMAV.DAT et ESS.COD, connaissant la taille minimum à prendre en compte pour les tiges d'avenir (étape 2, voir schéma n°2). Ce fichier permet d'évaluer, en bout de chaîne, l'efficacité de l'éclaircie.

5.2.3. Réalisation de l'éclaircie.

Pour l'instant, 2 programmes se chargent de ce travail (étape 3, voir schéma n°2) :

- un même programme réalise éclaircie systématique (EST) ou sélective (ESL). Dans le premier cas, il élimine toutes les TPD de plus de 40 cm de diamètre (traitement 2 de PARACOU). Dans le deuxième cas, il vérifie que tous les voisins identifiés comme gênant des tiges appartenant au peuplement d'avenir sont "potentiellement dévitalisables", avant de les supprimer;
- le deuxième programme permet de réaliser des éclaircies mixtes (EM). Plusieurs options sont possibles :
 - + EM1 : élimination des TPD, dépassant un certain diamètre (à imposer) dans un rayon (à imposer) fixé une fois pour toutes,
 - + EM2 : élimination des TPD dans un rayon (à imposer) fixé une fois pour toutes, la taille des tiges éliminées dépendant de la taille des tiges d'avenir autour desquelles on veut travailler (une limite inférieure peut être fixée),

* Voir annexe 9 pour explications supplémentaires.

+ **EM3** : même système que EM2, mais le rayon d'intervention varie en fonction de la taille des tiges d'avenir.

La modalité EM2 a été testée à l'issue des observations faites sur la taille des voisins gênants (exposées au § 4.3.2.1., 2)) : le diamètre de la plupart de ces voisins est supérieur à celui des tiges d'avenir, et une éclaircie prenant cette information en compte risquait d'être à la fois moins "coûteuse" et plus "efficace" (voir plus bas la définition de ces termes) qu'une éclaircie de type EM1.

En ce qui concerne la modalité EM3, la plus complexe, l'idée était de diminuer l'ouverture autour des plus petites tiges, pour éviter une perturbation microclimatique trop importante (à laquelle les différentes espèces ne présentent évidemment pas la même sensibilité !), et diminuer les risques de casse sur des arbres encore très fragiles.

Dans tous les cas, les programmes d'éclaircie fabriquent un fichier DEV.RES qui contient la liste des arbres dévitalisés.

5.2.4. Etude des caractéristiques de l'éclaircie.

5.2.4.1. Structure du peuplement éliminé.

Effectifs et surface terrière par classes de diamètre peuvent être calculés à partir des informations contenues dans DEV.RES, permettant de comparer les éclaircies du point de vue de leur impact sur la structure globale du peuplement (étape n°4, voir schéma n°2).

5.2.4.2. "Efficacité" et "intérêt".

Ces deux variables sont définies ici de la manière suivante :

- **efficacité** = nombre de voisins gênants éliminés / nombre total de voisins gênants. Ce critère est toujours évalué relativement au peuplement d'avenir constitué de tiges de plus de 10 cm de diamètre, même lorsque les règles d'éclaircie ne concernent que des tiges d'avenir de diamètre supérieur;
- **intérêt** = nombre de voisins gênants éliminés / nombre total d'arbres éliminés;

le nombre total d'arbres éliminés représentant le "**coût**" de l'éclaircie. Le choix du descripteur "nombre de voisins gênants" dans ces deux expressions relève, comme nous l'avons vu, d'une bonne part d'arbitraire, mais il pourrait aisément être remplacé par un (ou plusieurs) autre descripteur plus performant (restant à identifier !).

Outre le calcul de ces variables, il est possible de réaliser des histogrammes montrant l'évolution du nombre de voisins gênant les tiges d'avenir (étape 5, voir schéma n°2). Les informations nécessaires sont fournies par les fichiers DEV.RES, GÉNANT.DAT et SIMAV.DAT.

5.2.4.3. Remarque sur les problèmes de répartition spatiale.

Une caractéristique importante n'a pas été étudiée ici : il s'agit de la répartition spatiale des tiges éliminées, qui permettrait d'introduire un autre élément très important de comparaison entre éclaircies. On conçoit en effet qu'il soit préférable de réaliser des interventions aussi "homogènes" que possible dans l'espace (apport de lumière mieux réparti, donnant toutes ses chances à une éventuelle régénération, peuplement moins déstabilisé) or, de ce point de vue, les différents types d'éclaircies risquent de n'avoir pas du tout le même effet, qui dépendra en particulier de la répartition spatiale des tiges d'avenir.

A PARACOU, CABRERA-GAILLARD et GIGNOUX (1989) ont montré qu'il existe une "tendance à l'agrégation plus forte pour les petits diamètres que pour les grosses tiges*" (≥ 35 cm), que les arbres de plus de 50 cm de diamètre ont une répartition spatiale aléatoire et que la dévitalisation de tiges d'espèces secondaires de plus de 40 cm a pour effet "de rendre plus homogène l'éclaircie résultant d'une exploitation".

Ainsi, l'éclaircie systématique, portant sur des tiges assez grosses (cas du traitement 2 de PARACOU), touchera vraisemblablement le peuplement de manière plus homogène qu'une éclaircie ciblée sur des tiges d'avenir, surtout si l'on prend en compte la catégorie des 10-20 cm (42% des tiges d'avenir potentielles de la parcelle 7 !). Dans ce cadre, une éclaircie mixte de type EM1 risque tout particulièrement de poser problème, si le seuil de dévitalisation est placé trop bas. Ces différents points seraient à vérifier.

5.2.5. Les limites imposées à l'intensité globale de l'éclaircie.

Au Surinam, dès le milieu des années 1960, de très nombreuses expériences sylviculturales en forêt dense humide ont été menées et suivies pendant plus de 20 ans par le CELOS. On dispose ainsi de résultats portant sur la croissance, le recrutement et la mortalité des espèces commerciales (ce sont, pour l'essentiel, les mêmes que celles de Guyane française) après exploitation et une ou plusieurs éclaircies d'intensité très variable. L'analyse des résultats obtenus a conduit DE GRAAF (op. cit.) à préconiser une éclaircie très forte après exploitation (éclaircie systématique portant sur les tiges d'espèces secondaires de plus de 30 cm de diamètre) : il s'agit de ramener la surface terrière totale du peuplement (tiges de diamètre ≥ 10 cm) au tiers de sa valeur initiale, soit à peu près 10 m²/ha (voire moins).

A PARACOU, dans les parcelles soumises aux traitements 2 et 3, les interventions après exploitation ont éliminé en moyenne 24% à 26% de la surface terrière initiale (en pratique, 7 à 9 m²/ha, 2 fois moins que dans l'éclaircie préconisée plus haut), ramenant celle-ci entre 17 et 21 m²/ha.

L'effet des 2 intensités d'éclaircie sur la croissance annuelle des espèces principales n'est pas significativement différent à PARACOU (voir annexe 2, p.6) : on note des croissances moyennes de 0,43 cm/an (resp. 0,41 cm/an), alors que DE GRAAF rapporte des croissances moyennes annuelles de l'ordre de 1 cm/an en cas d'éclaircies très fortes : ces résultats feraient donc pencher la balance en faveur d'interventions énergiques, cependant :

- d'une manière générale, et ce phénomène se vérifie lorsque l'on travaille espèce par espèce, le 3ème traitement de PARACOU a induit des croissances moyennes moins élevées (même si elles ne sont pas significativement différentes) que le traitement 2. Or, on sait que chez certaines espèces (telles que le Goupi - *Goupia glabra* -), un ensoleillement trop important provoque une fermeture des stomates foliaires, ce qui a pour effet une réduction des pertes en eau, mais aussi une baisse de l'assimilation chlorophyllienne (COLIN, 1989);
- l'augmentation des intensités d'éclaircie s'accompagne d'une augmentation des dégâts au peuplement d'avenir (même si la technique employée les limite), problème qui n'est pas évoqué par DE GRAAF;
- enfin, l'ouverture du peuplement stimule considérablement le recrutement des espèces secondaires (à tempérament héliophile), ce qui rend indispensable de nouvelles éclaircies ultérieures : DE GRAAF préconise ainsi une nouvelle intervention 8 ans après la

* Toutes espèces confondues.

première, dans des conditions rendues particulièrement difficiles par la densité du recrû et la composition du sous-bois (GAZEL, comm. pers.).

Compte-tenu de ces différents éléments, il nous a paru prudent de fixer l'intensité maximale de l'éclaircie à $10 \text{ m}^2/\text{ha}$, ce qui ramènerait le peuplement de la parcelle 7 aux alentours de $16 \text{ m}^2/\text{ha}$ après intervention, en 1990.

5.3. Comparaison des résultats.

Il était évidemment impossible d'essayer toutes les combinaisons autorisées par les différents points d'entrée dans la chaîne, et on a procédé "par tâtonnements" en conservant comme guide essentiel l'importance de la surface terrière éliminée. Dès qu'une combinaison de paramètres conduisait à une éclaircie trop forte (plus de $10 \text{ m}^2/\text{ha}$), la combinaison était modifiée pour diminuer l'intensité de cette éclaircie. Aucune étude systématique de l'influence d'un paramètre par rapport à l'ensemble des autres n'a donc été réalisée*.

On trouvera en annexe 10 (p. 42 et 43) un tableau récapitulant les principales caractéristiques des différentes éclaircies simulées.

5.3.1. Peuplement d'avenir constitué des espèces considérées comme principales par le CIRAD-Forêt.

Ce peuplement est constitué de 532 tiges ($563-31 = 532$, voir § 5.2.2.), soit $85/\text{ha}$, de plus de 10 cm de diamètre. Eclaircie systématique et éclaircie sélective pratiquées dans ce cas possèdent les caractéristiques suivantes :

ECLAIRCIE SYSTEMATIQUE.

Nombre de tiges éliminées : 251, soit $40,2/\text{ha}$.

Surface terrière éliminée : 55 m^2 , soit $8,8 \text{ m}^2/\text{ha}$.

Efficacité : $24,1 \%$.

Intérêt : $53,4 \%$.

ECLAIRCIE SELECTIVE.

Nombre de tiges éliminées : 414, soit $66,2/\text{ha}$.

Surface terrière éliminée : $45,7 \text{ m}^2$ soit $7,3 \text{ m}^2/\text{ha}$.

Efficacité : $74,3 \%$.

Intérêt : 100% (par définition !).

On trouve illustré ici de façon claire le manque d'efficacité (au regard du critère retenu) de l'éclaircie systématique, pourtant assez "coûteuse" en surface terrière éliminée. L'efficacité de l'éclaircie sélective n'est pas totale, du fait que certaines tiges sont gênées par d'autres tiges du peuplement d'avenir, mais elle est évidemment beaucoup plus importante, pour un coût de dévitalisation moindre : aucun arbre n'est éliminé "pour rien".

Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la modalité EM1 de l'éclaircie mixte. Un coup d'oeil au tableau de l'annexe 10 permet de constater que, si l'on veut travailler au profit de toutes les tiges, jusqu'aux plus petites (10 ou 15 cm de diamètre) il faut soit limiter le rayon

* Chaque simulation demandant 10 à 15 mn de calcul sur le PC utilisé, nous avons préféré rechercher directement des combinaisons satisfaisantes plutôt que de réaliser une telle étude.

d'intervention à 5 mètres, soit s'interdire de dévitaliser des arbres de moins de 30 cm de diamètre. Dans ces conditions, on peut réaliser des éclaircies dont l'efficacité dépasse 40%, mais ayant en général un coût supérieur (et un intérêt plus faible) à celui de l'éclaircie systématique. Une combinaison semble toutefois pouvoir donner satisfaction : *l'élimination de toutes les tiges d'espèces secondaires faisant plus de 20 cm de diamètre dans un rayon de 5 m autour des tiges d'avenir de plus de 10 cm de diamètre (EM1(1))*. Une telle éclaircie aurait une efficacité proche de 50%, un intérêt à peine inférieur à celui de l'éclaircie systématique et un coût moindre.

Or, pour éliminer le maximum de voisins gênants, nous avons vu (§ 4.3.2.1. 1)) qu'il fallait intervenir dans un rayon de 10 m autour de chaque tige d'avenir. Pour éviter d'éliminer trop d'arbres, nous nous sommes alors servi du lien existant entre taille des tiges d'avenir et taille de leurs voisins : modalité EM2 de l'éclaircie mixte. Cette modification des règles de départ n'a malheureusement pas vraiment donné satisfaction. Dans un rayon de 10 m autour de tiges d'avenir faisant entre 10 et 15 cm, la pression de dévitalisation n'est pratiquement pas modifiée et l'on est finalement conduit soit à réduire le rayon d'intervention, soit à remonter la limite inférieure de dévitalisation, comme précédemment. On pourra noter qu'à diamètre inférieur identique fixé pour les tiges d'avenir et rayon d'intervention identique, la modalité EM2 est légèrement moins coûteuse, légèrement plus intéressante et un peu moins efficace que la modalité EM1 : cette observation est illustrée sur une série de graphiques figurant en annexe 10 p. 44. Cela signifie que la taille des tiges à dévitaliser doit être réglée sur celle des tiges d'avenir, mais quelques centimètres en-dessous (cf. graphiques page 12). Deux combinaisons peuvent être retenues : *élimination dans un rayon de 5 m (resp. 6 m) de toutes les tiges d'espèces secondaires de taille supérieure ou égale à celle de la tige d'avenir considérée (EM2(1) et EM2(2))*. Les efficacités obtenues sont supérieures à 50%, les intérêts respectifs un peu inférieurs à celui de l'éclaircie systématique.

L'intervention dans un rayon de 10 m autour des petites tiges n'étant pas envisageable, et l'intervention dans un rayon de 5 ou 6 m autour des tiges les plus grosses présentant le risque de laisser de côté les voisins gênants, nous avons essayé de faire varier ce rayon en fonction de la taille des tiges d'avenir. Le problème essentiel devenant alors la complexité de l'intervention, nous avons limité les variations à deux valeurs : 5 m autour des tiges les plus petites, 8 ou 10 m autour des tiges les plus grosses, la notion de "petite" et de "grosse" pouvant varier. La combinaison optimum ne peut être trouvée qu'en étudiant systématiquement l'effet de chaque facteur (en théorie, ce type de modalité devrait être bien meilleur que les autres) : nous limitant à quelques essais, nous n'en avons trouvé aucune qui donne davantage satisfaction que les précédentes, à coût identique. Une combinaison cependant, un peu limitée du point de vue de la surface terrière éliminée (10,2 m²/ha) fournirait de meilleurs résultats du point de vue efficacité et intérêt (53% et 56% respectivement) que toutes les précédentes (éclaircie sélective mise à part) : *élimination, autour des tiges d'avenir de plus de 10 cm de diamètre, de toutes les tiges d'espèces secondaires de taille supérieure ou égale à celle de la tige d'avenir considérée - avec un seuil inférieur de dévitalisation fixé à 20 cm de diamètre - . Le rayon d'intervention est fixé à 5 m autour des tiges d'avenir de moins de 25 cm, et à 10 m au-delà (EM3(1))*. Le gain en performance au prix d'une telle complexité paraît évidemment discutable.

Structure du peuplement éclairci.

Page 32 figure la structure du peuplement éliminé dans les différents cas étudiés et retenus ci-dessus.

On constate immédiatement que ces éclaircies ne touchent pas le peuplement d'origine de la même manière. Tout d'abord, l'éclaircie de type systématique s'oppose aux autres en ceci qu'elle élimine totalement les classes de diamètre supérieures de toutes les espèces secondaires. Dans tous les autres cas, l'ensemble des classes de diamètre est touché et surtout, il subsiste toujours, dans les secteurs dépourvus de tiges d'avenir, des individus (en théorie de toutes tailles) appartenant aux espèces secondaires

Ce dernier point est très important à souligner, car il risque de conditionner pour une bonne part l'évolution ultérieure de la composition floristique du peuplement. Certaines espèces en effet ne

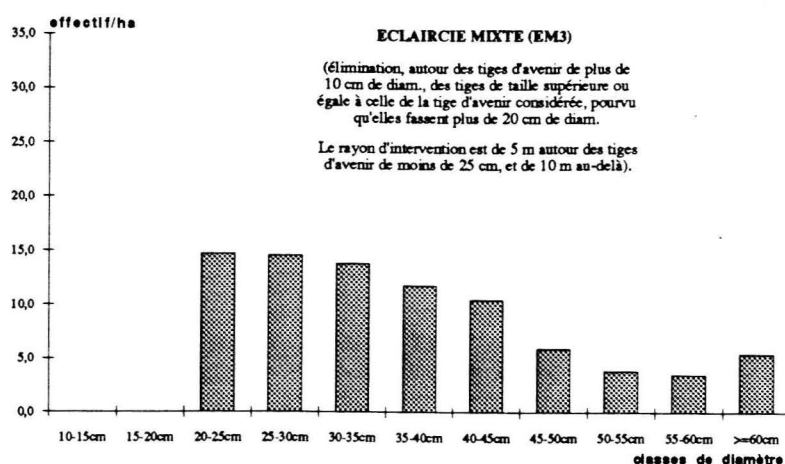
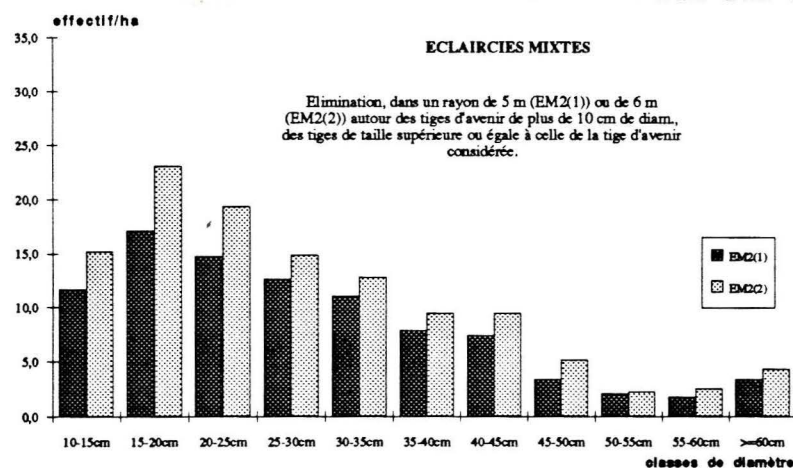
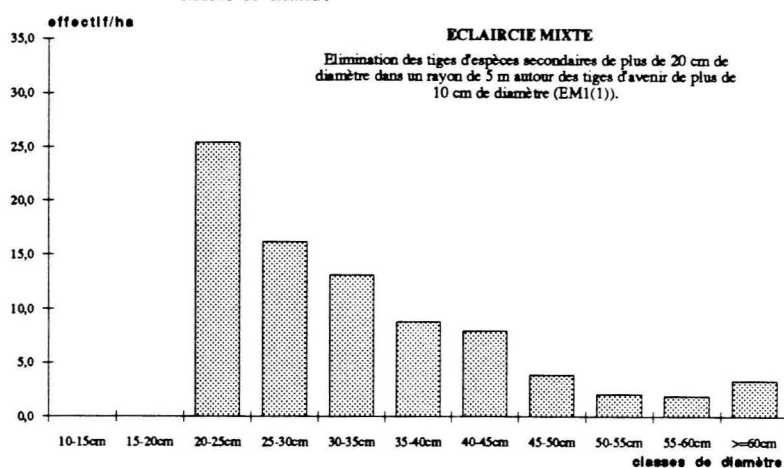
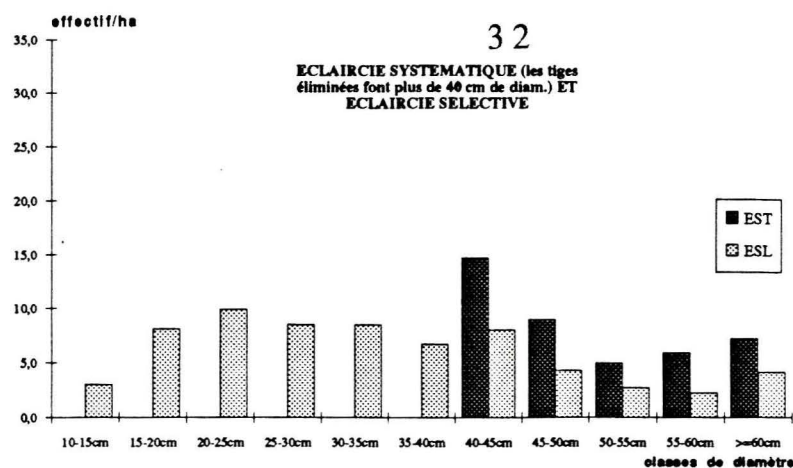


Figure n°13. Structure du peuplement éliminé, en fonction de différentes règles d'éclaircie.

fleurissent que parvenues dans l'étage supérieur de la forêt (mais ce n'est pas toujours le cas - GAZEL, comm. pers.-) et l'élimination systématique des grandes classes de diamètre fait peser un risque sur l'avenir de ces espèces dans les zones traitées. Bien entendu, d'autres facteurs interviennent, tels que proximité de zones de forêt intactes pouvant servir de réservoir, mode de dissémination des espèces considérées, etc. Cela pose néanmoins un problème : faut-il ou non chercher à conserver une biodiversité maximale au sein des peuplements traités ? Est-il préférable d'obtenir des peuplements moins complexes et plus riches en espèces "principales" ? Des modifications importantes de la composition floristique risquent-elles d'affecter la croissance des espèces que l'on veut favoriser ?

Contrairement à l'éclaircie systématique, l'éclaircie sélective atteint donc toutes les classes de diamètre et ce, de manière assez homogène entre 20 et 45 cm de diamètre (on peut noter en particulier que les tiges "potentiellement dévitalisables" sont peu nombreuses dans les petites classes de diamètre : de nombreuses tiges d'avenir de petite taille se gênent entre elles, ce qui constitue une limite incontournable à l'efficacité de l'éclaircie, quelles qu'en soient les règles). Même observation pour l'éclaircie mixte EM3(1), alors que les éclaircies EM1(1), EM2(1) et EM2(2) respectent davantage la structure originelle du peuplement dans les classes de diamètre de plus de 20 cm : la pression de dévitalisation est nettement supérieure dans les petites classes. Cette constatation soulève d'autres questions : faut-il préserver non seulement la composition floristique, mais aussi la structure de la forêt naturelle lorsque l'on y pratique des interventions ? La concurrence étant forte dans les petites classes de diamètre, n'a-t-on pas intérêt à privilégier des éclaircies qui les toucheront assez vigoureusement (point faible de l'éclaircie sélective), en gardant cependant en mémoire les remarques du § 5.2.4.3.) ?

Autant de questions auxquelles nous n'avons pas, la plupart du temps, de réponse à fournir. Or ces réponses devraient conditionner le choix de règles d'éclaircie.

Evolution du nombre de voisins gênants.

Les histogrammes représentant cette évolution figurent en annexe 10, p. 45 et 46. L'éclaircie sélective constitue la référence : aucune tige de plus de 15 cm de diamètre n'est gênée par plus de 2 voisins après intervention, et plus de la moitié du peuplement d'avenir se retrouve libre de tout "concurrent". L'éclaircie systématique est, elle, la moins efficace. Elle n'élimine au mieux qu'un ou deux voisins gênants dans les entourages les plus "compétitifs". Les éclaircies mixtes EM1(1) et EM3(1) restent d'une efficacité limitée autour des plus petites tiges (la limite inférieure de dévitalisation est fixée à 20 cm). Ce sont les éclaircies EM2(1) et EM2(2) qui se rapprochent le plus de l'éclaircie sélective de ce point de vue.

5.3.2. Peuplement d'avenir constitué des espèces considérées comme principales par l'ONF.

Il s'agit d'un sous-ensemble du peuplement précédent (certaines espèces comme le Wapa, largement représenté sur la parcelle 7 et à PARACOU en général, ne sont pas retenues comme principales par l'ONF et peuvent donc faire l'objet d'une élimination au profit des autres) : il est constitué de 305 tiges (soit 49/ha) appartenant à une quarantaine d'espèces.

Nous n'avons simulé qu'un nombre limité d'éclaircies, mais les résultats (voir annexe 10) suffisent à illustrer l'importance de l'effet "choix d'un peuplement d'avenir", indépendamment de tout problème de composition initiale de la parcelle traitée.

La souplesse de l'éclaircie sélective, et l'inadaptation de l'éclaircie systématique apparaissent de façon particulièrement nette : ainsi, si l'une et l'autre conservent des efficacités semblables (légèrement meilleures) par rapport à la situation précédente, le coût de l'éclaircie sélective diminue de 40% alors que celui de l'éclaircie systématique augmente de 6%, l'intensité de l'éclaircie devenant très forte (proche du seuil des 10 m²/ha). Par ailleurs, des règles inadaptées à la situation

précédente parce que trop coûteuses et peu efficaces deviennent envisageables. On note cependant une baisse générale de l'intérêt des différentes éclaircies, qui peut s'expliquer en partie par une baisse du ratio nombre total de voisins gênants / nombre de tiges d'avenir.

5.3.3. Discussion.

Au moins un élément à peu près clair peut être tiré de tout ce qui précède : il est impossible d'édicter des règles rigides d'intervention en forêt et préconiser un type d'éclaircie plutôt qu'un autre n'a guère de sens. L'effet d'une éclaircie dépend avant tout de la composition du peuplement d'avenir et celle-ci peut varier considérablement en fonction :

- de la localisation du massif forestier (types de sols notamment);
- de son histoire : ainsi dans les forêts pilotes de l'ONF qui ont subi, par le passé, des exploitations d'intensité différentes, la densité du peuplement d'avenir varie entre 4 et 30 tiges/ha (de plus de 10 cm de diamètre);
- des choix économiques à moyen terme du gestionnaire.

Ce dernier aura évidemment tout intérêt à raisonner le choix d'un type d'intervention en fonction d'une connaissance préalable minimum (pré-inventaire) des zones à traiter.

Les programmes qui ont été mis au point sur la parcelle 7 pourraient fournir à l'ONF, dans un premier temps, une aide à la définition de règles d'éclaircie adaptées à la configuration de leurs peuplements d'avenir, dans des zones où la densité globale n'est pas trop inférieure à celle que l'on observe à PARACOU (lorsque la densité globale du peuplement diminue, le ratio nombre de voisins gênants / tiges d'avenir a toutes les chances de diminuer aussi et les observations faites dans le cadre de cette étude ne sont plus extrapolables).

VI - CONCLUSION

La construction d'un simulateur d'éclaircie simpliste comme celui que nous avons utilisé ici peut-être considérée comme un pur exercice de style, n'ayant pas vraiment d'intérêt pratique. Elle a cependant été l'occasion, tant au moment de son élaboration (sur quels éléments se fonder pour juger de l'intérêt d'une éclaircie ? Quelles limites imposer à l'éclaircie ?...) que de son utilisation (faut-il respecter la structure du peuplement initial ? Faut-il dégager davantage dans les petites classes de diamètre ?...), de mettre l'accent sur les nombreux éléments qui nous manquent encore pour pouvoir décider "à coup sûr" des "bonnes" interventions à réaliser en forêt. Elle devrait ainsi permettre d'orienter de futures expérimentations dans le sens de l'obtention de réponses à au moins une partie des questions posées.

La suite logique de ce travail consiste, bien entendu, à simuler l'évolution du peuplement d'avenir en fonction de l'éclaircie qu'on lui a appliquée (construction d'un "simulateur de croissance"). Cela suppose non seulement d'être capable de chiffrer correctement le risque de mortalité induit par le traitement mais aussi, comme nous l'avons vu, d'avoir identifié les éléments clés de la croissance des arbres, tout au moins les éléments clés "mesurables" s'ils existent. Cette identification doit passer par un travail systématique de caractérisation aussi approfondie que possible de l'environnement d'un échantillon d'arbres soigneusement choisi, ne se limitant pas aux seuls aspects aériens : richesse du sol en éléments minéraux, profondeur utile, alimentation hydrique, extension des systèmes racinaires...sont des éléments vraisemblablement très importants à prendre en compte, dans la mesure où le facteur "éclairage des houppiers" ne semble pas toujours jouer un rôle fondamental.

BIBLIOGRAPHIE

BESSE F. (1984). Contribution à l'étude de l'influence de l'environnement sur la croissance du Ba en forêt de Côte-d'Ivoire. DEA de Biologie et Physiologie Végétales - Université de NANCY I / CTFT, 48 p.

CTFT (1990). Spécial Guyane. *Bois et Forêts des Tropiques*, 219 et 220, 157 p. et 105 p.

CABRERA-GAILLARD C. & GIGNOUX J. (1989). Répartitions spatiales et sylviculture en forêt guyanaise. Note interne, C.T.F.T., 19 p. + ann.

COLIN F. (1989). Ecophysiologie en forêt équatoriale. Contribution à la connaissance de *Goupia glabra*. INRA / ENGREF (thème personnel 1ère année), 62 p.

DE GRAAF N.R. (1986). A Silvicultural System for Natural Regeneration of Tropical Rain Forest in Suriname. Série : "Ecology and Management of Tropical Rain Forests in Suriname" - Agricultural University - Wageningen - THE NETHERLANDS, 250 p.

DURRIEU DE MADRON L. (1992). Chablis, mortalité et rôle des trouées dans la sylvigénèse, avant et après exploitation dans le dispositif de PARACOU - Guyane française. Thèse ENGREF (en cours de rédaction).

GAZEL M. (1981-1983). Croissance des arbres et productivité des peuplements en forêt dense équatoriale de Guyane. ONF, 394 p.

VAN GEMERDEN B. & GEUSE T. (1992). Criteria for evaluating Angelique (*Dicorynia guianensis*) in a silvicultural system. Texte provisoire - Department of Forestry - Wageningen - THE NETHERLANDS, 48 p. + ann.

GOURLET-FLEURY S. (1991). Simulation par l'ONF et le CTFT d'une éclaircie sélective sur une parcelle exploitée (parcelle 7) du dispositif de PARACOU. Résultats et commentaires. Note interne, C.T.F.T., 11 p.

GOURLET-FLEURY S. (1992). Indices de compétition : les possibilités d'application à la gestion en forêt dense tropicale humide. Mémoire bibliographique - DEA d'Analyse et de Modélisation des Systèmes Biologiques - I.A.S.B.S.E. - Université Claude Bernard, LYON I - 30 p. + ann.

MAITRE H.F. (1982). Projet de recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Rapport interne, C.T.F.T.

MAITRE H.F. & al (1990). Aménagement et conservation des forêts denses en Amérique Tropicale. Synthèse réalisée pour le compte de la FAO, 150 p.

ONF. (1991) Rapport d'activité 1991. Direction Régionale de la Guyane, 15 p.

SCHMITT L. (1984). Recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Phase préliminaire : localisation du dispositif principal. Rapport interne, C.T.F.T., 38 p.

SCHMITT L. (1985). Recherches sylvicoles sur les peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Présentation des résultats issus de la première campagne de mesures (état du dispositif à l'origine). Rapport interne, C.T.F.T., 43 p.

SCHMITT L. (1989). Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Compte-rendu de mise en application des traitements sylvicoles sur le dispositif de PARACOU. Rapport interne, C.T.F.T., 51 p.

SCHMITT L. & PERROT T. (1988). Etude des peuplements naturels en forêt dense guyanaise. Dévitalisation d'arbres sur pied. Note interne, C.T.F.T., 16 p.

STENEKER G.A. & JARVIS J.M. (1963). A preliminary study to assess competition in a white spruce - trembling aspen stand. *Forestry Chronicle*, 39, 334-336.

SYNNOTT T.J. (1979). A manual of permanent plot procedures for tropical rainforests. Department of Forestry, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford - Tropical Forestry Papers n°14, 67 p.

ANNEXES

ANNEXE 1

DEFINITION DES SIGLES UTILISES DANS LE TEXTE

BAFOG : Bureau Agricole et Forestier de Guyane, qui a fonctionné de 1954 à 1960.

CELOS : Centre de recherche en agriculture du SURINAM.

CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique.

ENGREF : Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts.

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique.

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle.

ONF : Office National des Forêts.

ORSTOM : Institut français de recherche pour le développement en coopération.

ANNEXE 2

DISPOSITIF SYLVICOLE DE PARACOU :

PRESENTATION

**EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA CROISSANCE DE
QUELQUES ESPECES**



ETUDE DE LA DYNAMIQUE DES PEUPELEMENTS EN FORET DENSE GUYANAISE DISPOSITIF SYLVICOLE DE PARACOU

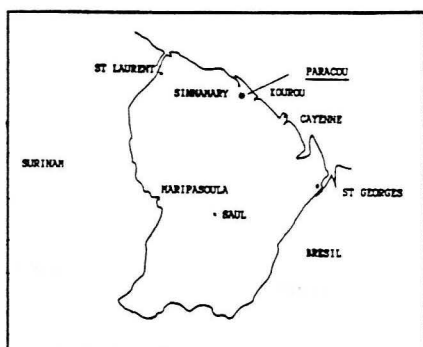
OBJECTIFS

Acquérir de nouvelles connaissances sur le fonctionnement de l'écosystème forestier dense tropical humide.

Etudier l'évolution de peuplements soumis à l'exploitation.

Mettre au point des interventions sylvicoles simples, susceptibles d'accélérer la croissance du peuplement d'avenir et de permettre une production "durable" en bois-d'œuvre, de la forêt.

LE DISPOSITIF



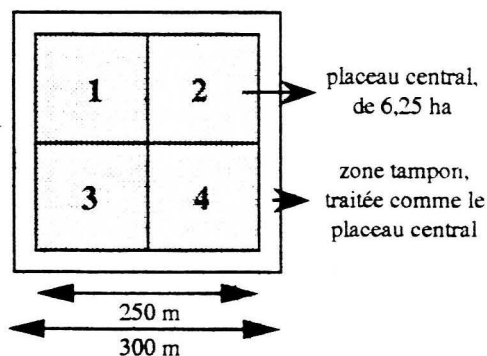
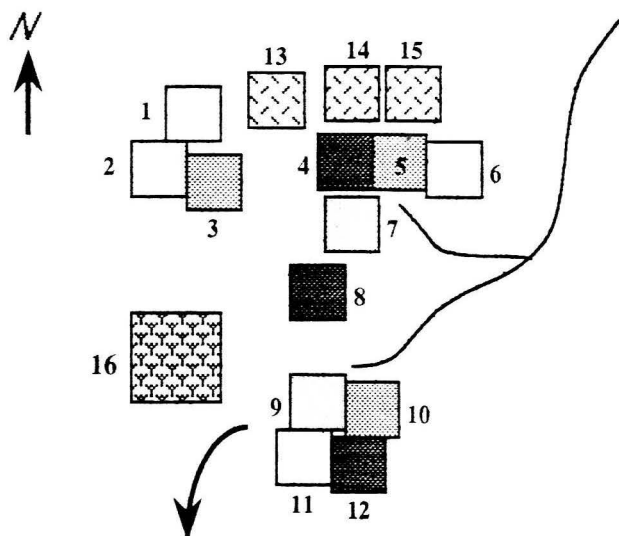
En 1984, 12 parcelles de 9 ha chacune (parcelles 1 à 12, 108 ha au total) ont été installées dans une zone forestière intacte. 2 ans plus tard, 9 d'entre elles ont subi des traitements sylvicoles d'intensité variable (3 modalités, 3 parcelles par modalité), les 3 dernières étant maintenues comme témoin.

Sur un plateau central de 6,25 ha, dans chaque parcelle, tous les arbres de plus de 10 cm de diamètre (à 1m30) sont identifiés, cartographiés, et mesurés annuellement en circonférence par le CIRAD-Forêt. En 1992, 8 années de mesures sur environ 46 000 arbres sont disponibles et permettent d'étudier croissance, mortalité et recrutement dans des peuplements intacts ou perturbés.

Parallèlement à ces travaux, l'INRA mène des études sur la régénération des différentes espèces forestières et l'ENGREF sur l'évolution des humus.

En 1990, le dispositif s'est agrandi de 3 nouvelles parcelles (13, 14, 15), également suivies annuellement. Elles devraient être soumises à des interventions, selon de nouvelles règles en cours d'élaboration.

Une dernière parcelle, de 25 ha (parcelle 16), a été installée en 1991/1992. Elle demeurera intacte et servira de terrain d'étude à de nombreux organismes de recherche (CIRAD, CNRS, ENGREF, INRA, MNHN) travaillant sur l'étude du fonctionnement de l'écosystème forestier.



SCHEMA D'UNE
PARCELLE DE 9 HA

- parcelles témoin (3 parcelles de 9 ha)
- traitement 1 : exploitation pour le bois-d'œuvre (3 parcelles de 9 ha)
- traitement 2 : exploitation pour le bois-d'œuvre + éclaircie par dévitalisation (3 parcelles de 9 ha)
- traitement 3 : exploitation pour le bois-d'œuvre + exploitation pour le bois d'énergie + éclaircie par dévitalisation (3 parcelles de 9 ha)
- parcelles en attente d'un nouveau traitement (3 parcelles de 9 ha)
- parcelle d'étude du fonctionnement de l'écosystème forestier non perturbé (25 ha)

CARACTERISTIQUES MOYENNES DU PEUPLEMENT EN 1984

(tiges de plus de 10 cm de diamètre)

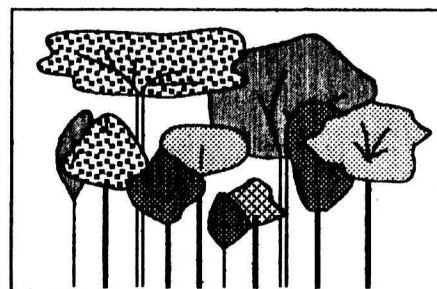
EFFECTIF : 620 tiges/ha en comptant les Palmiers.

SURFACE TERRIERE : 31,6 m²/ha.

VOLUME SUR PIED (approximatif) : 360 m³/ha.

58 essences (dont 14 regroupent 2 espèces ou davantage) ayant un intérêt commercial potentiel ("espèces principales") sont identifiées : elles représentent 30 % de l'effectif total, 44 % de la surf. terrière et 48 % du volume.

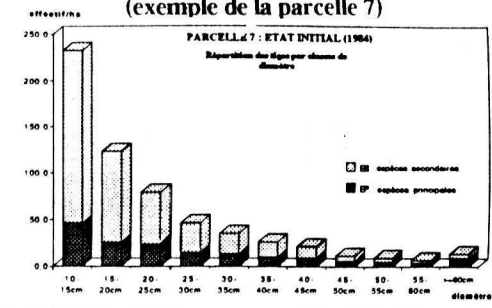
Il existe environ 300 espèces sans intérêt commercial ("espèces secondaires") dont la détermination est en cours.



TEMOIN
Forêt "naturelle"

STRUCTURE DU PEUPLEMENT EN 1984

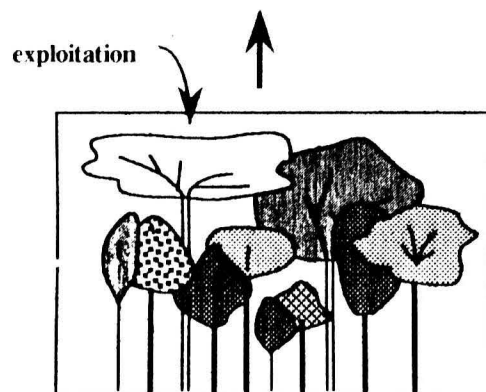
(exemple de la parcelle 7)



La classe 10-20cm constitue 60% de l'effectif total et 13% environ du volume sur pied. La classe des 40cm et plus représente moins de 10% de l'effectif, et 50% du volume sur pied.

EXPLOITATION BOIS-D'OEUVRE

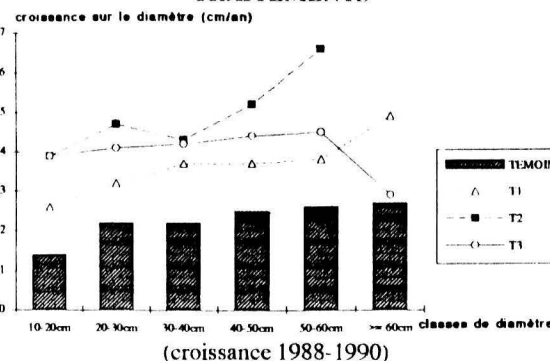
Exploitation de 10 pieds/ha (espèces principales) de plus de 50 cm de diamètre, soit environ 50 m³/ha.



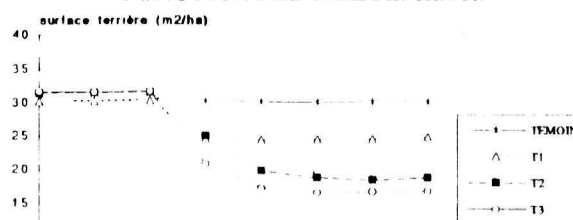
TRAITEMENT 1

SURFACE TERRIERE PAR HECTARE

REACTION DES ESPECES PRINCIPALES AUX TRAITEMENTS



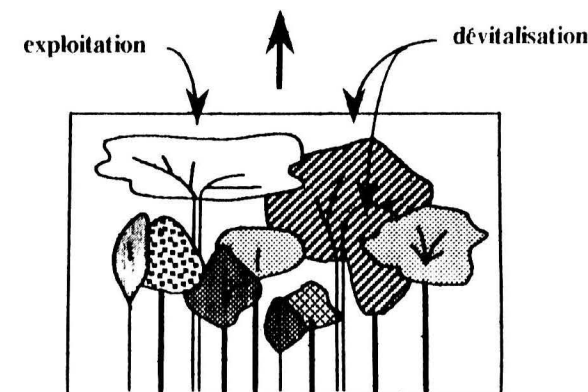
EVOLUTION DE LA SURFACE TERRIERE EN FONCTION DES TRAITEMENTS



EXPLOITATION BOIS-D'OEUVRE + ECLAIRCIE PAR DEVITALISATION

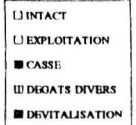
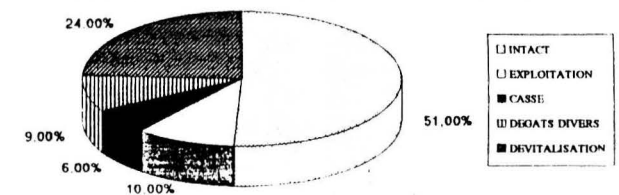
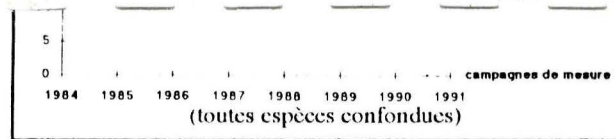
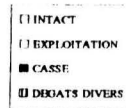
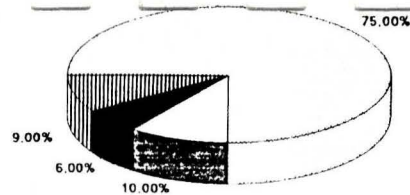
Exploitation de 10 pieds/ha d'espèces principales (50 m³/ha).

Dévitilisation de tous les pieds d'espèces secondaires, ou principales ayant des défauts, de plus de 40 cm de diamètre, soit 30 tiges/ha représentant un volume de 80m³.

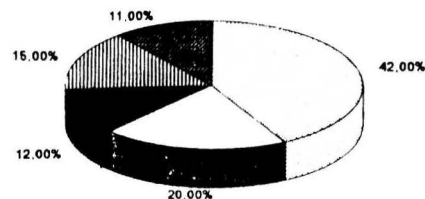


TRAITEMENT 2

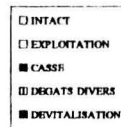
SURFACE TERRIERE PAR HECTARE



SURFACE TERRIERE PAR HECTARE



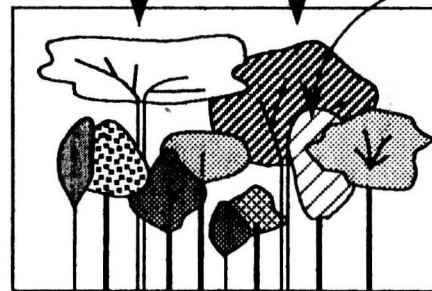
42.00%



exploitation bois d'oeuvre

dévitalisation

exploitation bois énergie



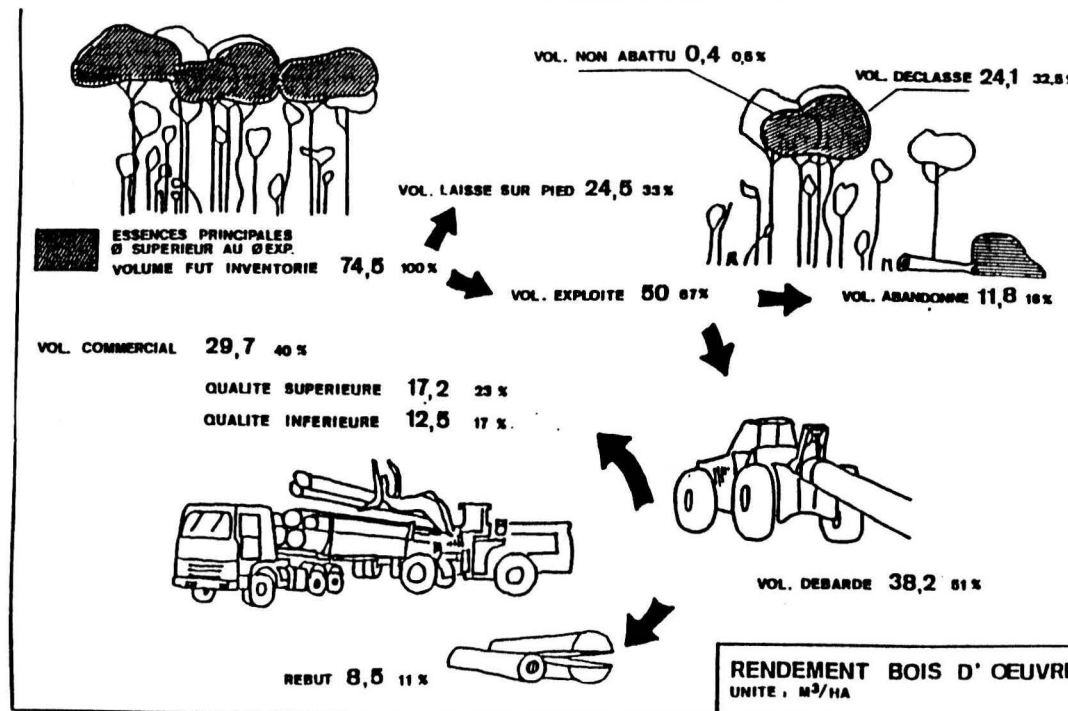
TRAITEMENT 3

EXPLOITATION POUR LE BOIS-D'OEUVRE + BOIS ENERGIE ET ECLAIRCIE PAR DEVITALISATION

Exploitation (bois-d'oeuvre) de 10 pieds/ha d'*espèces principales* (50 m³/ha).

Exploitation pour le bois-énergie des pieds appartenant aux *espèces secondaires*, ou *principales ayant des défauts*, faisant entre 40 et 50cm de diamètre : soit 20 tiges/ha représentant un volume de 30m³.

Dévitalisation de tous les pieds d'*espèces secondaires*, ou *principales ayant des défauts*, de plus de 50 cm de diamètre, soit 14 tiges/ha représentant un volume de 50m³.

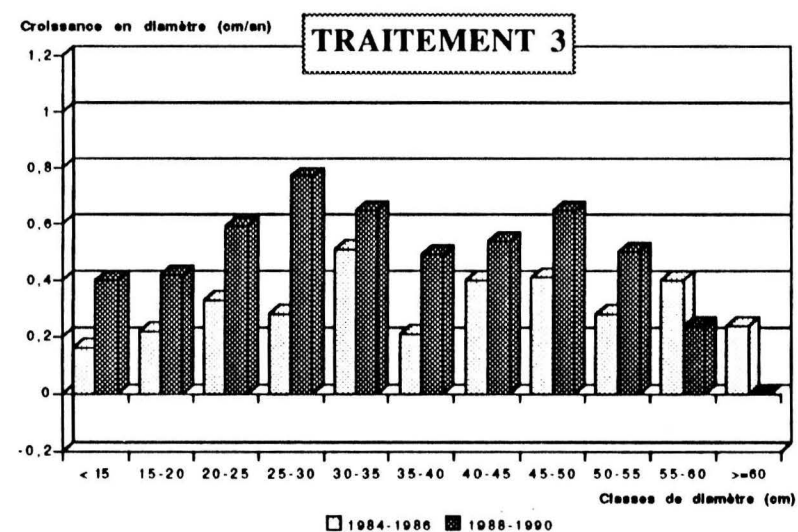
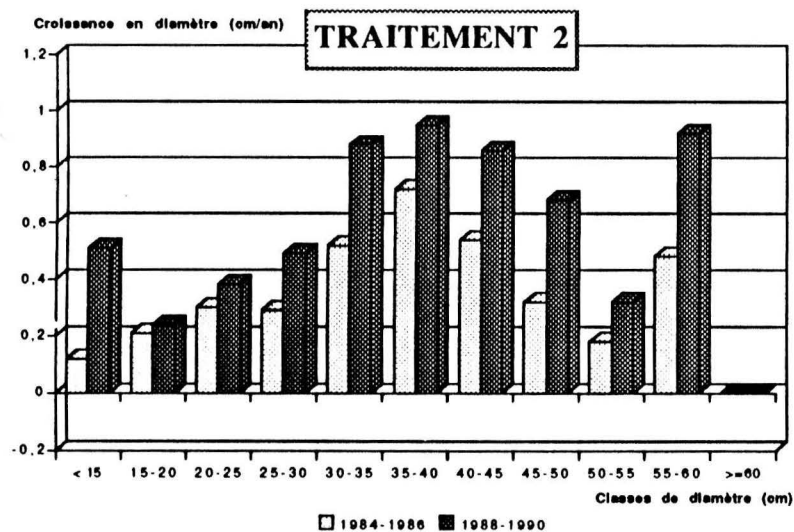
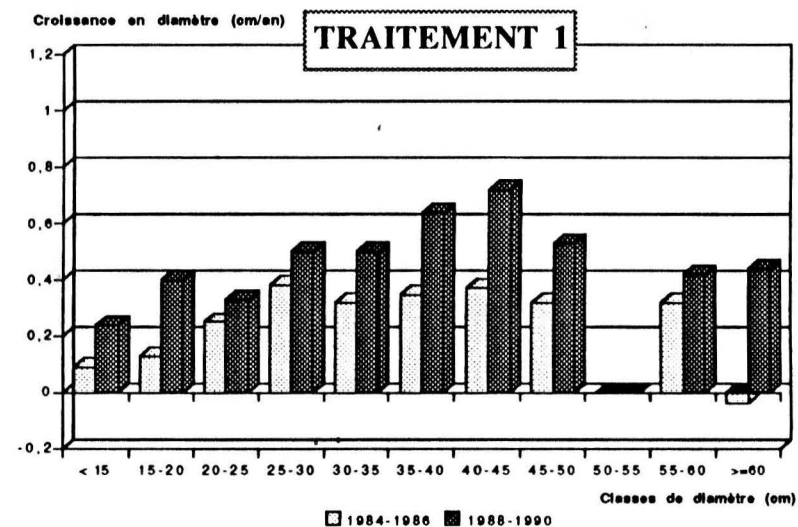
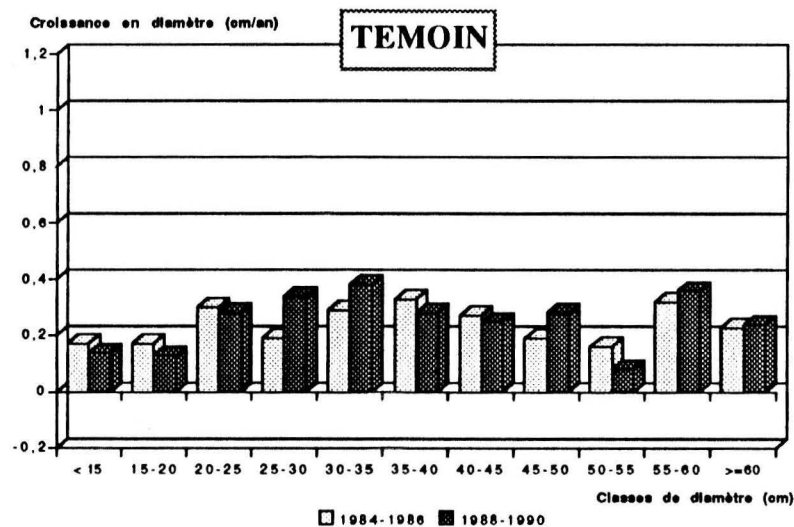


EFFET DES TRAITEMENTS SUR LA CROISSANCE DE QUELQUES ESPECES
RESULTATS D'ANOVA A 1 FACTEUR FIXE (TRAITEMENT)

ESPECE	TRAITEMENTS									Proba. Fobs > Fthe	Séparation des trait. *		
	1			2			3						
	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var	N	Moy.	Var.				
ANGELIQUE	86	0,42	0,08	51	0,54	0,13	84	0,54	0,1	0,0317	1	2	3
BOCO	140	0,127	0,03	143	0,17	0,03	149	0,18	0,03	0,0286	1	2	3
BALATA POMME	43	0,27	0,04	32	0,42	0,23	48	0,42	0,05	0,0326	1	2	3
CARAPA	76	0,39	0,06	79	0,62	0,12	59	0,47	0,14	0,0001	1	3	2
GONFOLO (2 esp.)	105	0,45	0,11	33	0,59	0,15	70	0,47	0,1	0,1197	1	3	2
MANIL MAR.	166	0,46	0,07	191	0,51	0,14	110	0,51	0,08	0,2755	1	3	2
TOSSO PASSA	143	0,149	0,03	159	0,24	0,04	99	0,23	0,05	0,0002	1	3	2
WAPA (2 esp.)	240	0,27	0,05	184	0,41	0,08	334	0,42	0,07	0,0001	1	2	3
Toutes espèces principales	1622	0,31	0,12	1512	0,43	0,23	1378	0,41	0,11	0,0001	1	3	2

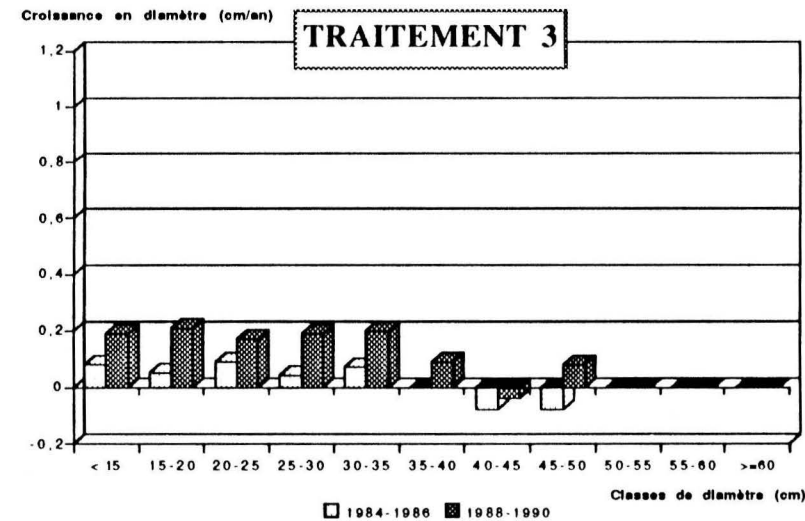
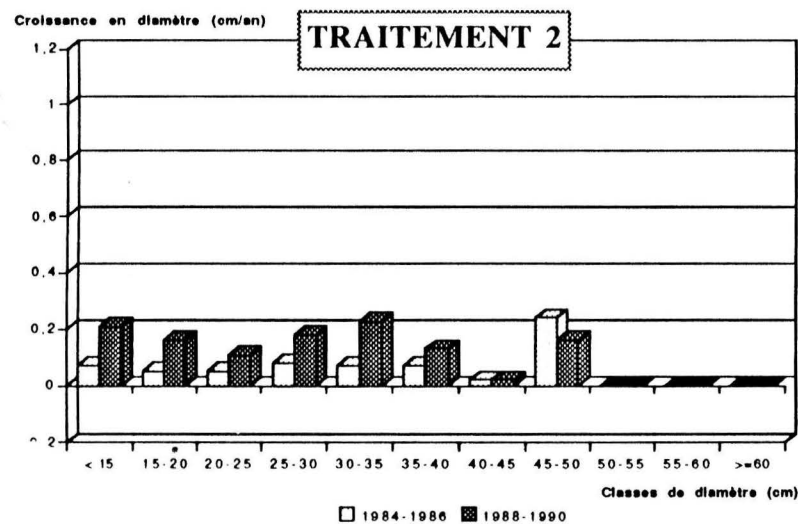
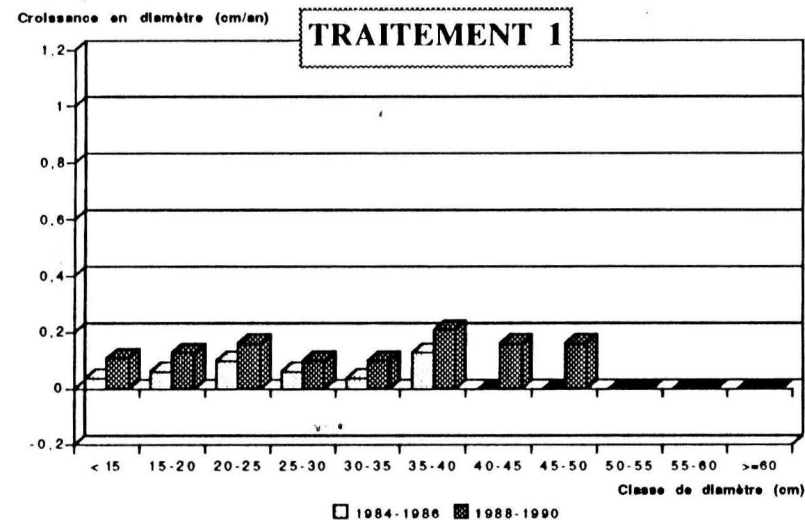
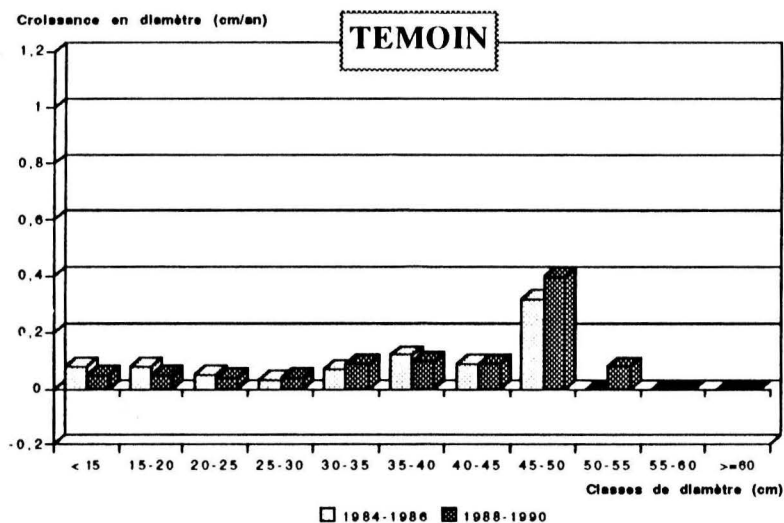
* : Interprétation : les groupes en italique ou en gras ne sont pas significativement différents.
Le mélange des styles s'interprète comme un chevauchement entre groupes.

ANGELIQUE - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention

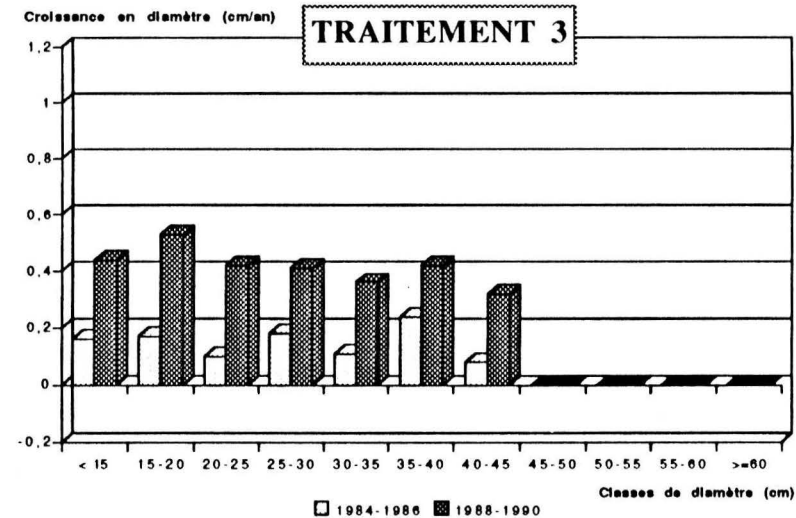
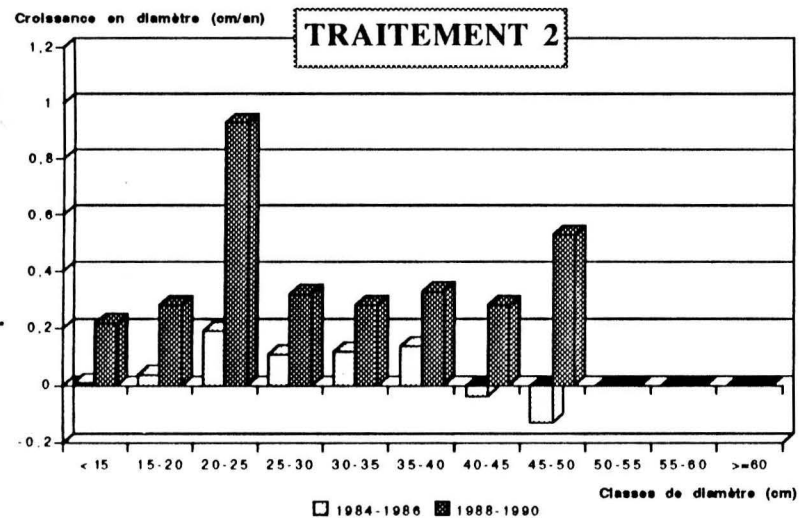
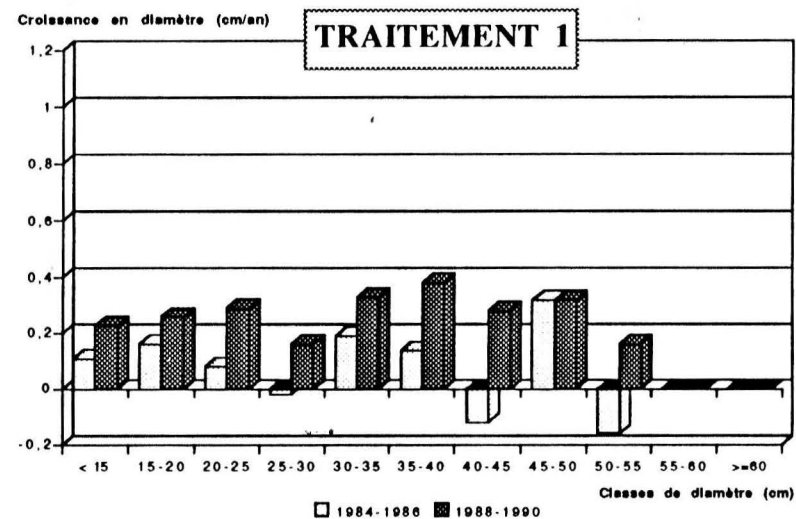
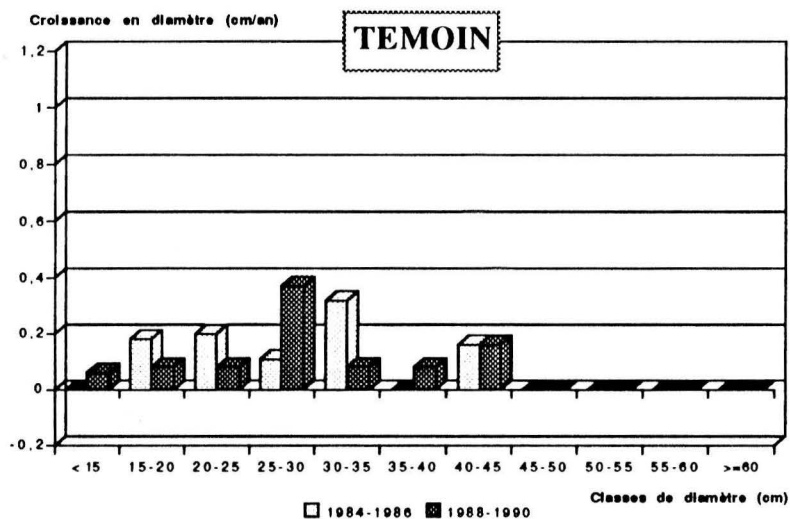


NB (valable pour les graphiques des pages suivantes) : voir texte (§ 4.3.2.2) à propos du mode de calcul de la croissance moyenne annuelle.
La classe de diamètre notée <15 contient toutes les tiges de diamètre compris entre 10 et 15 cm.

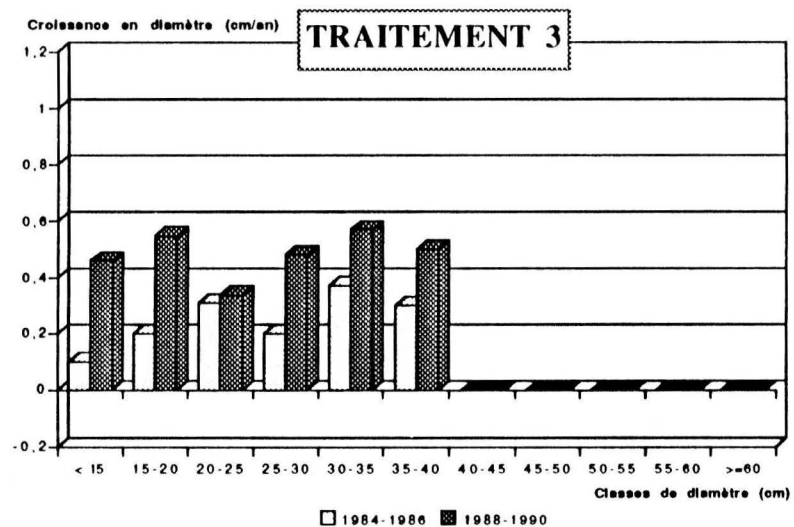
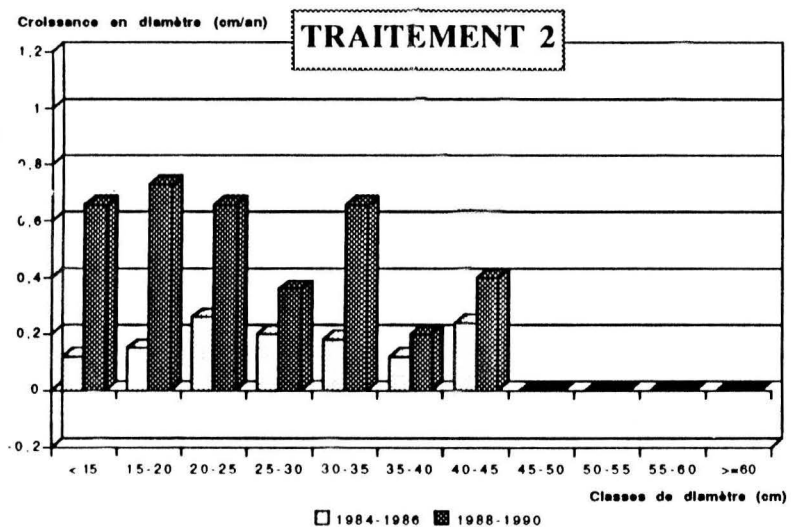
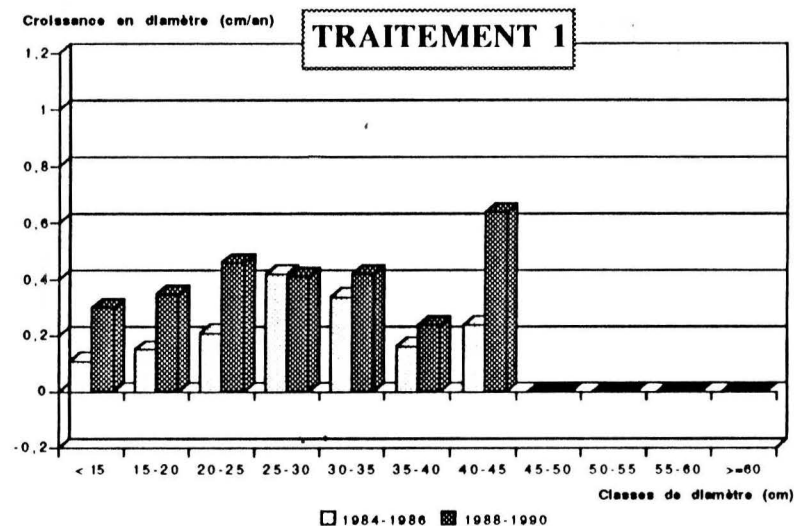
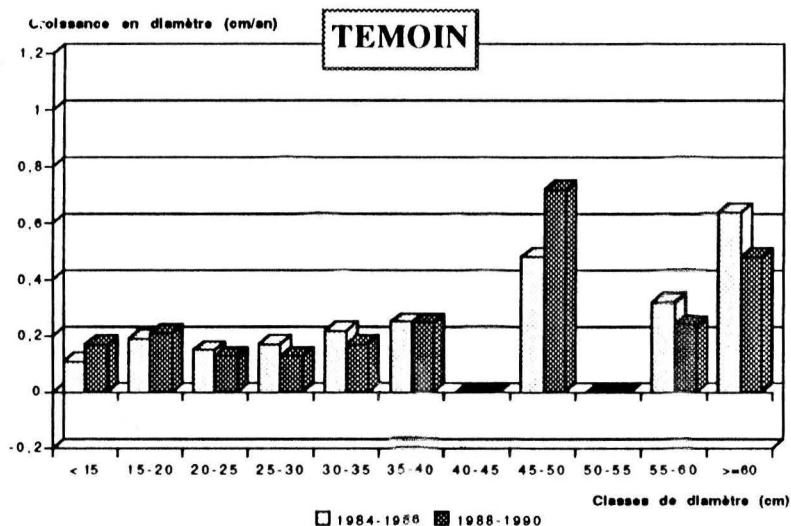
BOCO - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



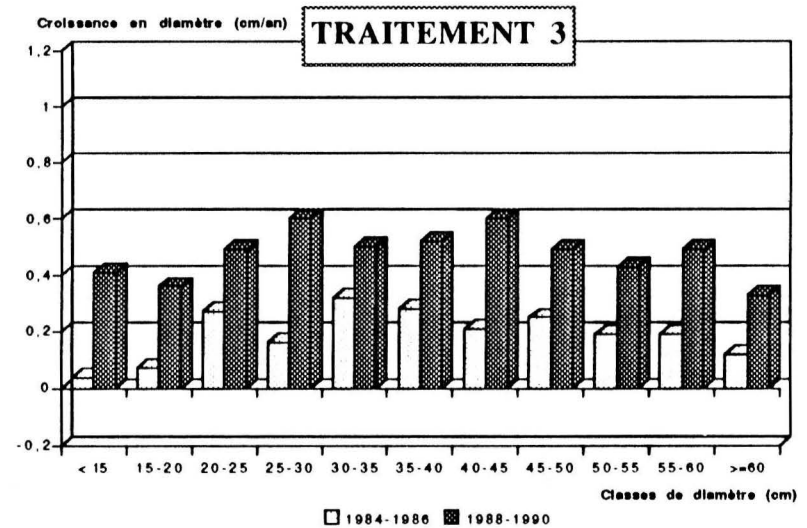
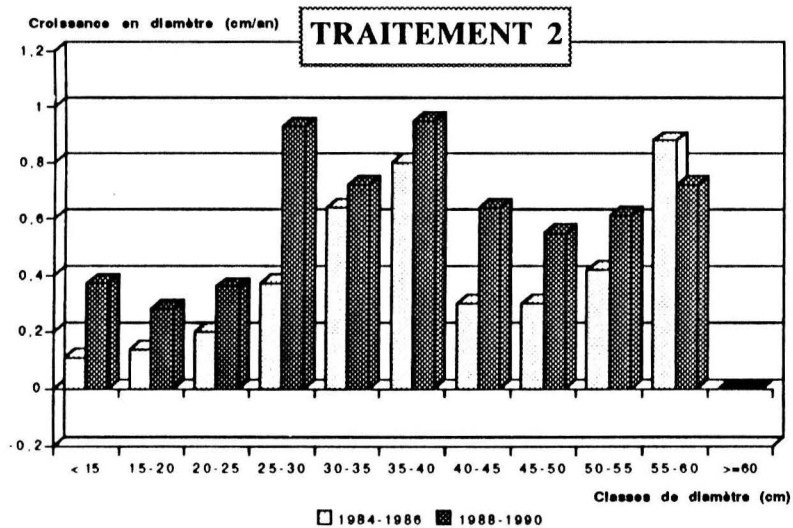
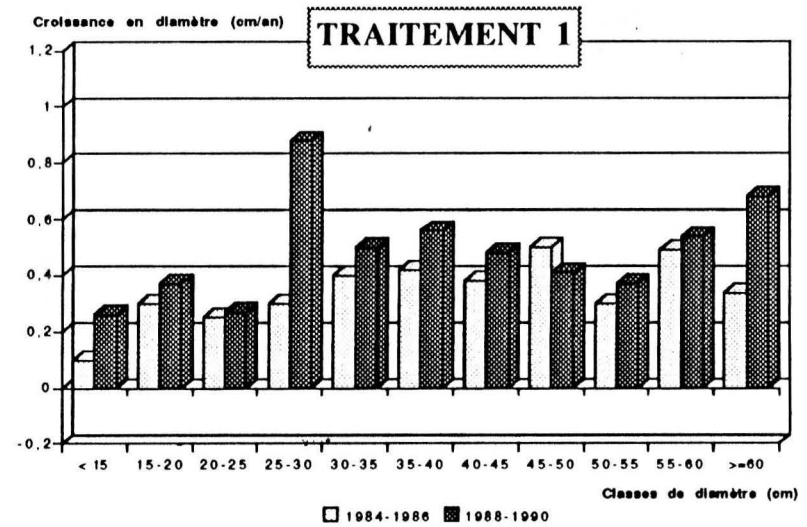
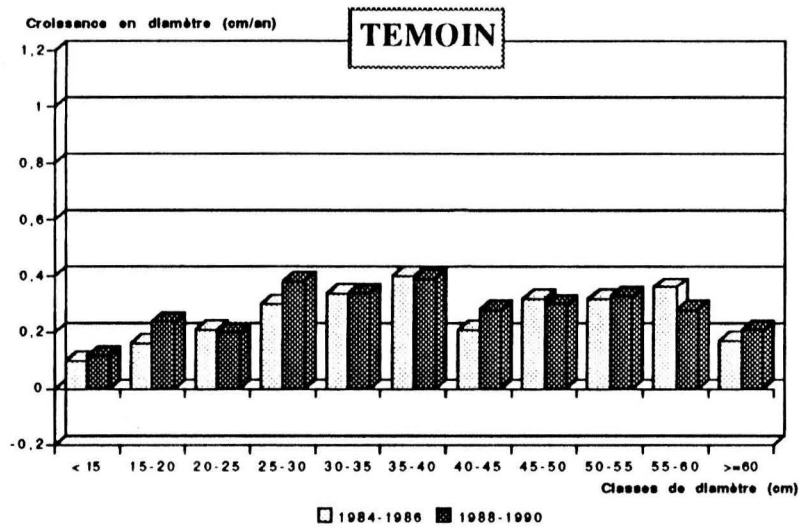
BALATA POMME - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



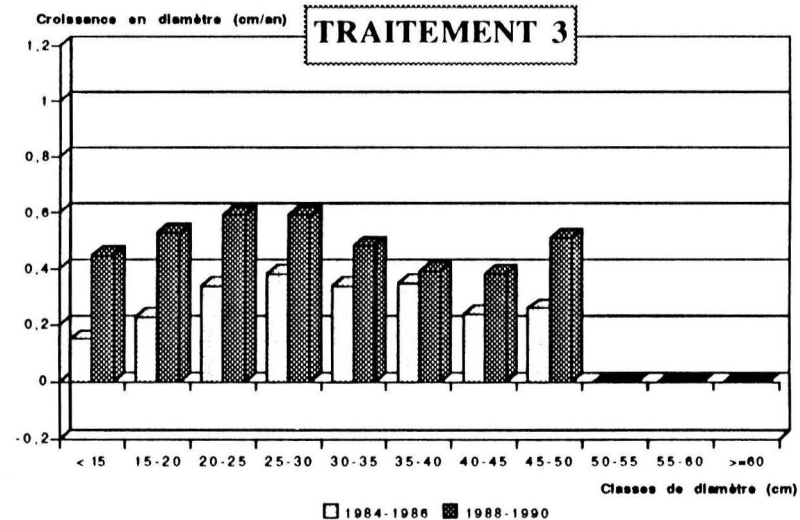
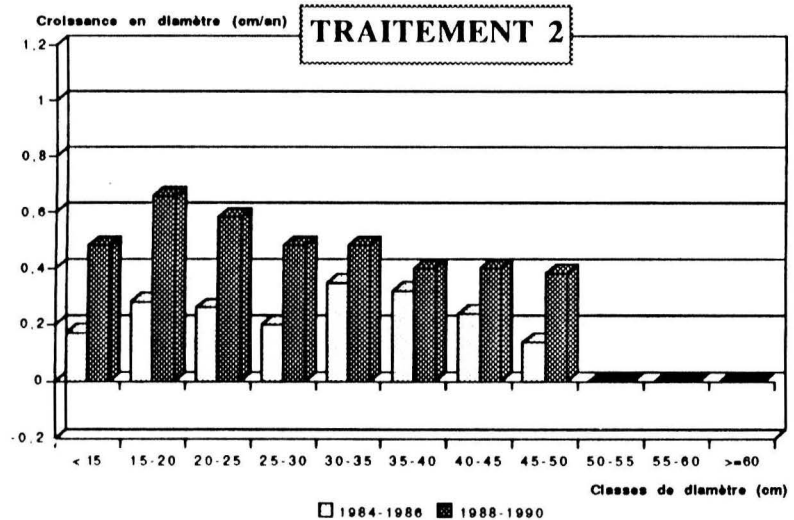
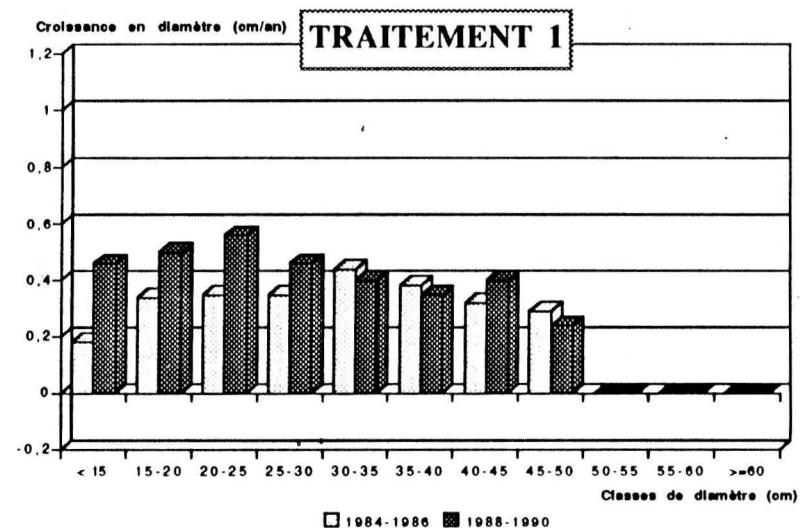
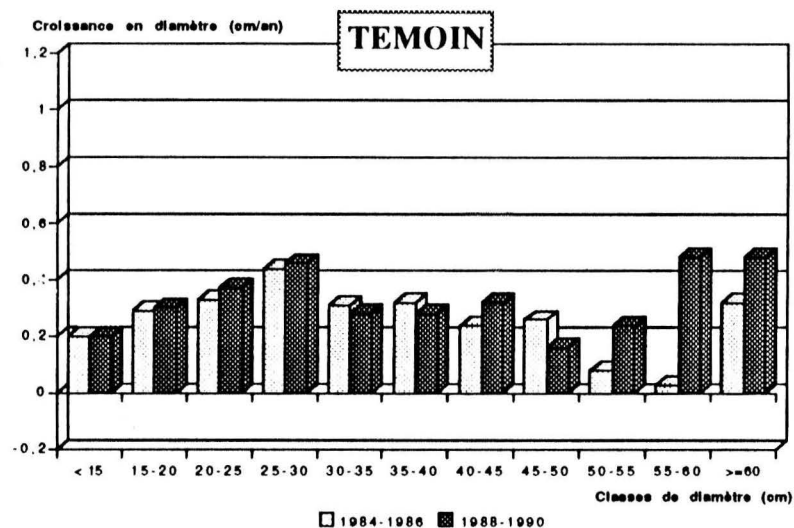
CARAPA - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



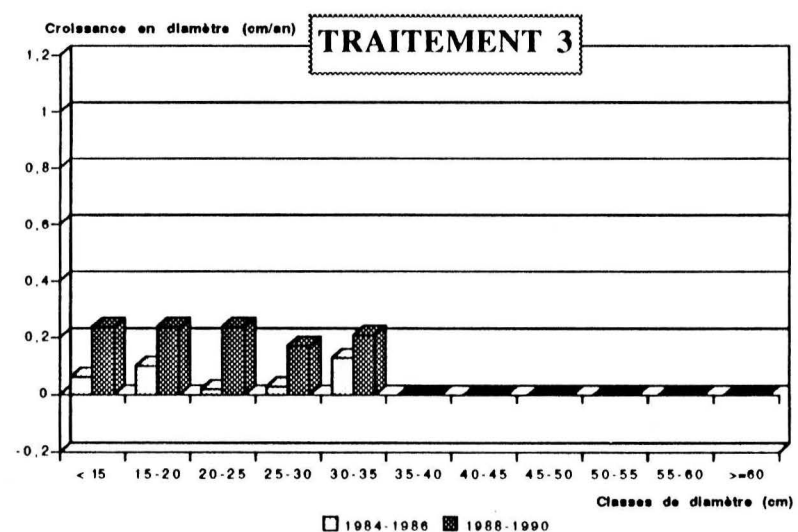
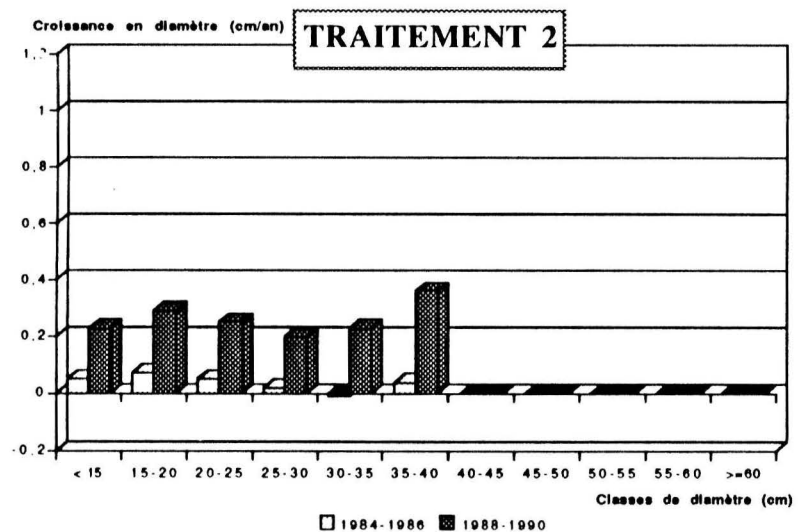
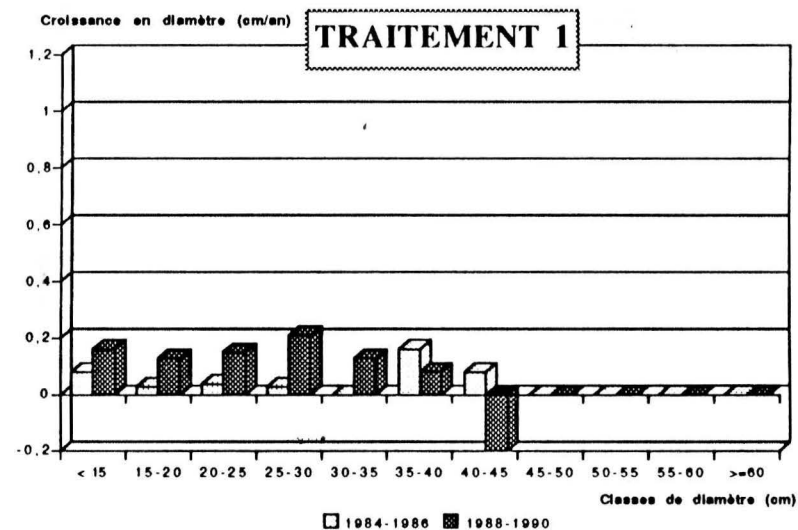
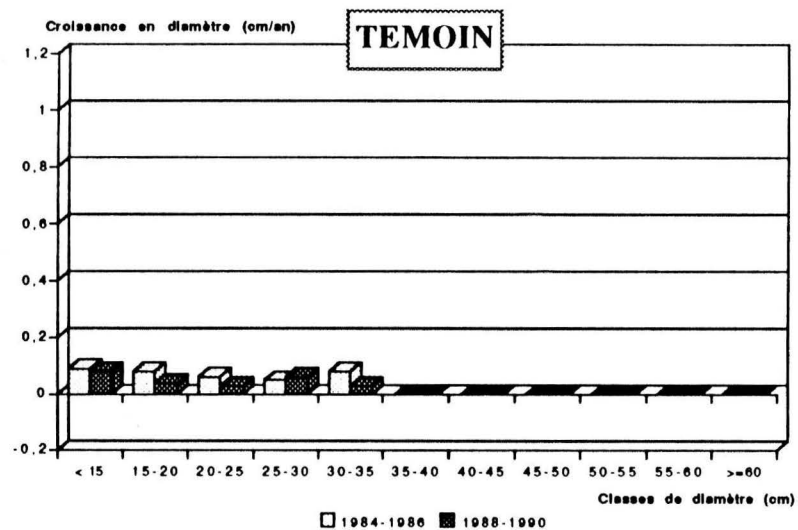
GONFOLO - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



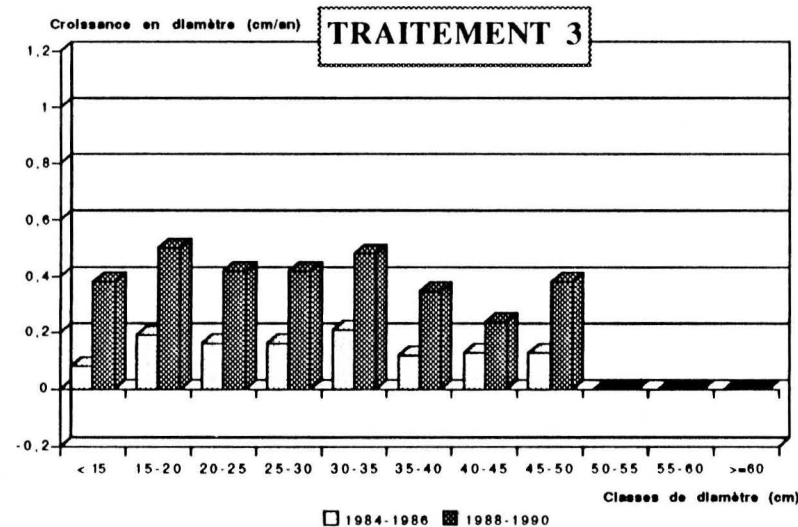
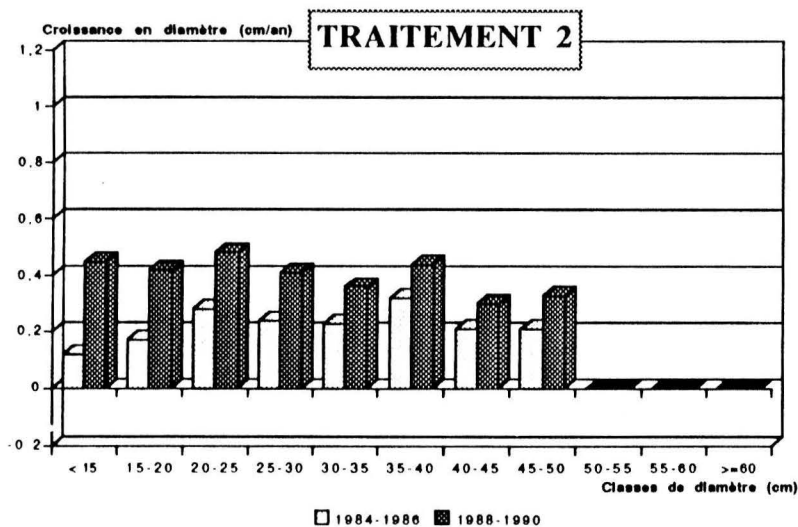
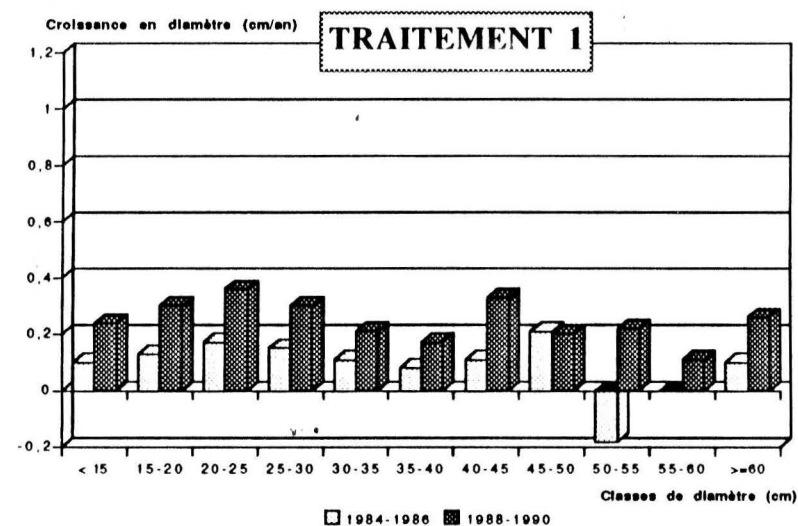
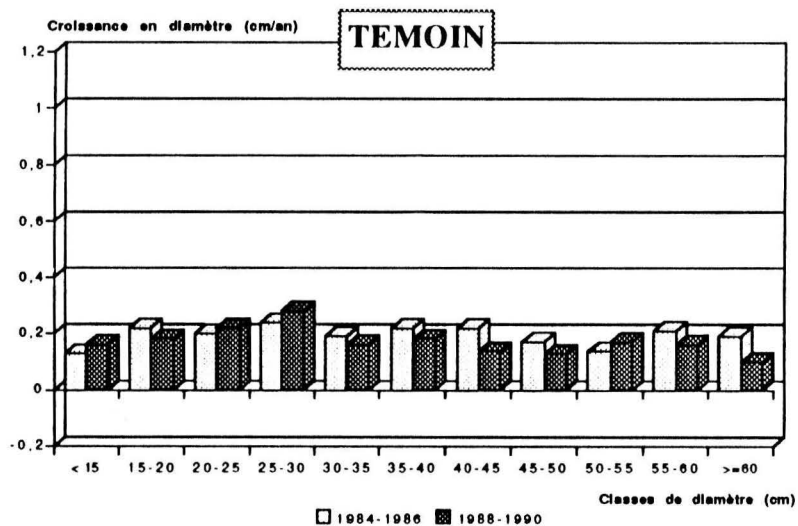
MANIL - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



TOSSO PASSA - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



WAPA - Evolution de la croissance annuelle avant et après intervention



ANNEXE 3

LISTE DES CODES ESSENCE UTILISES SUR LE DISPOSITIF DE PARACOU

Les essences présentes sur la parcelle 7 sont soulignées.

CATEGORIE 1. Espèces utilisables en ébénisterie.

- 101. Acacia franc : Enterolobium schomburkii (MIMOSACEE).
- 102. Amarante : Peltogyne spp. (CESALPINIACEE).
- 103. Angélique : Dicorynia guianensis (CESALPINIACEE).
- 104. Bagasse : Bagassa spp. (MORACEES).
- 105. Boco : Bocoa prouacensis (PAPILIONACEE).
- 106. Bois serpent : Marmaroxylon racemosum (MIMOSACEE).
- 107. Canari macaque : Lecythis davisii (LECYTHIDACEE).
- 108. Cœur dehors : Diplotropis purpurea, Vatairea paraensis (CESALPINIACEES).
- 109. Courbaril : Hymenea courbaril (CESALPINIACEE).
- 110. Ebène verte : Tabebuia serratifolia (BIGNONIACEE).
- 111. Inkasa : Vataireopsis speciosa (PAPILIONACEE).
- 112. Montouchi : Pterocarpus rohrii (CESALPINIACEE).
- 113. Parcouri : Platanus insignis (CLUSIACEE).
- 114. Satiné rubané : Brosimum rubescens (MORACEE), Swartzia spp. (CESALPINIACEES).
- 115. Saint-Martin rouge : Andira coriacea (PAPILIONACEE).
- 116. Wacapou : Vouacapoua americana (CESALPINIACEE).
- 117. Wacapou guitin : Recordoxylon speciosum (CESALPINIACEE).

CATEGORIE 2. Espèces utilisables en menuiserie.

- 201. Acajou : Cedrela guianensis (MELIACEE).
- 202. Aieoueko : Dimorphandra hohenkerkii (CESALPINIACEE).
- 203. Anangossi : Terminalia amazonia (COMBRETACEE).
- 204. Assao : Macrosamanea pedicellaris (MIMOSACEE).
- 205. Balata franc : Manilkara bidentata (SAPOTACEE).
- 206. Balata pomme : Ragala sanguinolenta (SAPOTACEE).
- 207. Carapa : Carapa procera Aubl. (MELIACEE).
- 208. Cèdres : Licaria spp, Nectandra spp., Ocotea spp. (LAURACEES).
- 209. Chawari : Caryocar glabrum (CARYOCACEE).
- 210. Diaguidia : Sclerolobium melinonii (CESALPINIACEE).
- 211. Gonfolo : Qualea rosea, Qualea albiflora (VOCHYSIACEES).
- 212. Goupi : Goupia glabra.
- 213. Grand moni : Tratinickia rhoifolia (BURSERACEE).
- 214. Grignon : Ocotea rubra (LAURACEE).
- 215. Jaboty : Erisma uncinatum (VOCHYSIACEE).
- 216. Kouatakaman : Parkia pendula (MIMOSACEE).
- 217. Koumanti oudou : Aspidosperma album (APOCYNACEE).
- 218. Manil : Symphonia globulifera, Moronobea coccinea (CLUSIACEES).
- 219. Saint-Martin jaune : Hymenolobium flavum (PAPILIONACEE).
- 220. Sali : Tetragastris altissima (BURSERACEE).

221. Tonka : *Dipteryx odorata* (PAPILIONACEE).
 222. Tosso passa : *Iryanthera sagotiana* (MYRISTICACEE).
 223. Wandekole : *Glycydendron amazonicum* (EUPHORBIACEE).
 224. Wapa : *Eperua falcata*, *Eperua grandiflora* (CESALPINIACEE).
 225. Wapa rivière : *Macrolobium bifolium* (CESALPINIACEE).

CATEGORIE 3. Espèces utilisables pour le déroulage.

301. Alimiao : *Newtonia suaveolens* (MIMOSACEE).
 302. Bois Saint-Jean : *Didymopanax morototoni*, *Schefflera paraensis* (ARALIACEE).
 303. Bouchi canaboli : *Simaba multiflora* (SIMAROUBACEE).
 304. Copaya : *Jacaranda copaya* (BIGNONIACEE).
 305. Dodomissinga : *Parkia nitida* (MIMOSACEE).
 306. Dokali : *Parahancornia amapa* (APOCYNACEE).
 307. Fromager : *Ceiba pentandra* (BOMBACACEE).
 308. Mahot cigare : *Couratari pulchra* (LECYTHIDACEE).
 309. Kaiman oudou : *Laetia procera* (FLACOURTIACEE).
 310. Mahot cochon (Kobe) : *Sterculia excelsa*, *Sterculia pruriens* (STERCULIACEES).
 311. Kouali : *Vochysia* spp. (VOCHYSIACEES).
 312. Mahot coton : *Eriotheca crassa*, *Eriotheca globosa* (BOMBACACEES).
 313. Mapa : *Couma guianensis* (APOCYNACEE).
 314. Encens : *Protium* spp. (BURSERACEES), *Anacardium* spp., *Thyrsodium* spp. (ANACARDIACEES).
 315. Simarouba : *Simarouba amara* (SIMAROUBACEE).
 316. Yayamadou : *Virola* spp. (MYRISTICACEES).

CATEGORIES 4 ET 5. Espèces sans intérêt commercial potentiel.

401. Gaulettes : *Licania* spp., *Parinari* spp. (CHRYSOBALANACEES).
 402. Kimboto : *Neopometia ptychandra* (SAPOTACEE).
 403. Mahot noir : *Eschweilera* spp. (LECYTHIDACEE).
 404. Mahot rouge : *Eschweilera* spp. (LECYTHIDACEE).
 405. Autres espèces "secondaires".

501. Palmiers.

Certaines essences regroupent plusieurs espèces. Sur la parcelle 7, les plus importantes (CARAPA, GONFOLO, MANIL, WAPA), ont fait l'objet d'une redétermination, afin de pouvoir distinguer les espèces.

Les essences des 3 premières catégories, ayant un intérêt commercial "potentiel" (en réalité, seule une vingtaine d'entre elles sont actuellement exploitées et utilisées en Guyane) sont désignées sous le terme "espèces principales", les autres étant appelées "espèces secondaires".

ANNEXE 4

ETUDE DU PEUPLEMENT SUR LA PARCELLE 7

PARCELLE 7 : ETAT INITIAL DU PEUPLEMENT (1984)

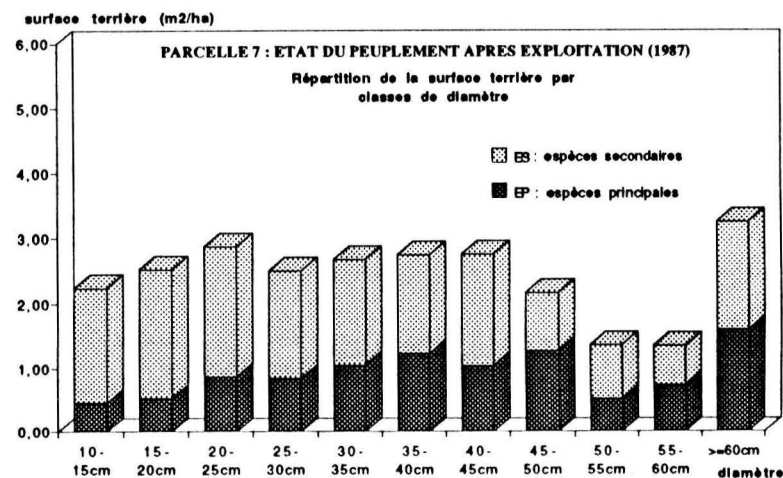
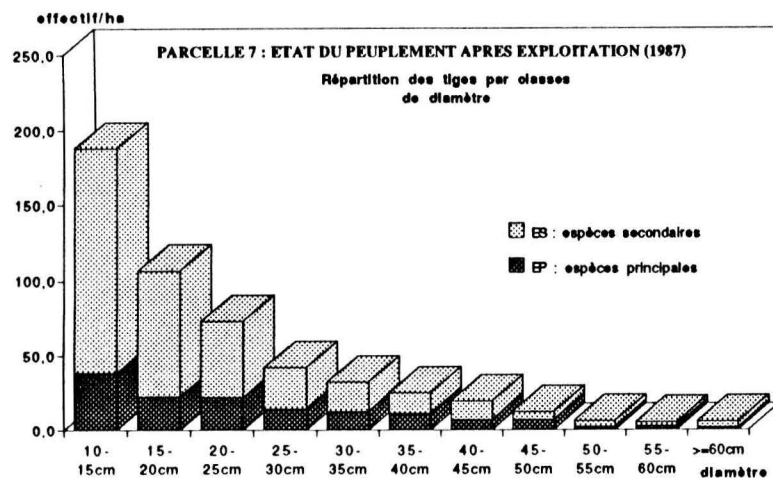
CLASSE DIAMETRE	NOMBRE DE TIGES (eff/ha)		TOTAL Nb DE TIGES	SURFACE TERRIERE (m2/ha)		TOTAL SURF. TER.
	EP	ES		EP	ES	
10-15cm	46,4	186,2	232,6	0,55	2,20	2,75
15-20cm	26,1	97,1	123,2	0,62	2,30	2,92
20-25cm	24,2	55,0	79,2	0,95	2,13	3,08
25-30cm	15,2	31,4	46,6	0,90	1,86	2,76
30-35cm	13,6	21,8	35,4	1,12	1,79	2,91
35-40cm	10,6	15,7	26,2	1,14	1,72	2,86
40-45cm	9,4	12,2	21,6	1,36	1,72	3,09
45-50cm	6,6	5,1	11,7	1,15	0,91	2,06
50-55cm	5,4	3,8	9,3	1,19	0,84	2,02
55-60cm	4,5	2,2	6,7	1,16	0,56	1,72
>=60cm	9,3	4,3	13,6	3,64	1,77	5,41
TOTAL	171,2	434,9	606,1	13,79	17,80	31,59

PARCELLE 7 : ETAT DU PEUPLEMENT EN 1990 AVANT ECLAIRCIE

CLASSE DIAMETRE	NOMBRE DE TIGES (eff/ha)		TOTAL Nb DE TIGES	SURFACE TERRIERE (m2/ha)		TOTAL SURF. TER.
	EP	ES		EP	ES	
10-15cm	30,9	145,3	176,2	0,40	1,75	2,15
15-20cm	23,7	86,6	110,2	0,56	2,05	2,61
20-25cm	19,4	48,0	67,4	0,78	1,89	2,67
25-30cm	14,4	26,1	40,5	0,84	1,54	2,39
30-35cm	12,0	20,5	32,5	1,01	1,68	2,70
35-40cm	10,4	14,1	24,5	1,14	1,55	2,69
40-45cm	8,0	11,8	19,8	1,15	1,68	2,83
45-50cm	6,1	6,1	12,2	1,08	1,05	2,13
50-55cm	3,4	3,2	6,6	0,71	0,69	1,40
55-60cm	2,6	2,9	5,4	0,66	0,72	1,38
>=60cm	3,7	4,5	8,2	1,52	1,84	3,35
TOTAL	134,4	369,0	503,4	9,85	16,45	26,30

PARCELLE 7 : ETAT DU PEUPLEMENT APRES EXPLOITATION (1987)

CLASSE DIAMETRE	NOMBRE DE TIGES (eff/ha)		TOTAL Nb DE TIGES	SURFACE TERRIERE (m2/ha)		TOTAL SURF. TER.
	EP	ES		EP	ES	
10-15cm	38,2	149,8	188,0	0,46	1,78	2,24
15-20cm	22,6	84,3	106,9	0,53	1,99	2,52
20-25cm	21,9	51,4	73,3	0,87	2,00	2,88
25-30cm	14,4	27,7	42,1	0,85	1,66	2,51
30-35cm	12,6	19,5	32,2	1,05	1,62	2,67
35-40cm	11,2	13,8	25,0	1,23	1,52	2,74
40-45cm	7,2	12,2	19,4	1,04	1,72	2,76
45-50cm	7,2	5,1	12,3	1,27	0,89	2,16
50-55cm	2,4	3,8	6,2	0,52	0,84	1,36
55-60cm	2,9	2,4	5,3	0,74	0,61	1,35
>=60cm	1,8	4,0	5,8	1,60	1,65	3,25
TOTAL	142,4	373,9	516,3	10,17	16,27	26,44



PARCELLE 7, ESPECES PRINCIPALES :
VENTILATION PAR QUALITES ET CLASSES DE DIAMETRE (1990)

CLASSE DIAMETRE	NOMBRE DE TIGES (eff/ha)				TOTAL Nb DE TIGES	SURFACE TERRIERE (m2/ha)				TOTAL SURF. TER.
	QUALITE 0	QUALITE 1	QUALITE 2	QUALITE 3		QUALITE 0	QUALITE 1	QUALITE 2	QUALITE 3	
10-15cm	16,8	3,8	1,6	8,6	30,9	0,21	0,05	0,02	0,11	0,40
15-20cm	11,2	2,9	1,4	8,2	23,7	0,27	0,07	0,03	0,19	0,56
20-25cm	7,0	3,2	2,1	7,0	19,4	0,29	0,13	0,08	0,28	0,78
25-30cm	6,1	2,4	1,3	4,6	14,4	0,35	0,14	0,08	0,27	0,84
30-35cm	5,8	2,1	1,6	2,6	12,0	0,49	0,17	0,14	0,21	1,01
35-40cm	4,8	1,6	0,5	3,5	10,4	0,53	0,17	0,05	0,39	1,14
40-45cm	4,0	1,3	0,3	2,4	8,0	0,57	0,19	0,05	0,34	1,15
45-50cm	2,4	0,6	0,8	2,2	6,1	0,43	0,11	0,14	0,40	1,08
50-55cm	1,3	0,3	0,2	1,6	3,4	0,27	0,07	0,04	0,34	0,71
55-60cm	1,1	0,2	0,2	1,1	2,6	0,29	0,04	0,04	0,29	0,66
>=60cm	0,6	0,6	0,0	2,4	3,7	0,20	0,36	0,00	0,96	1,52
TOTAL	61,1	19,0	9,9	44,3	134,4	3,90	1,51	0,65	3,79	9,85

PARCELLE 7, ESPECES PRINCIPALES :
VENTILATION PAR CLASSES DE DIAMETRE, EN FONCTION DU STATUT SOCIAL (1990)

CLASSE DIAMETRE	NOMBRE DE TIGES (eff/ha)				TOTAL Nb DE TIGES	SURFACE TERRIERE (m2/ha)				TOTAL SURF. TER.
	ISOLE	DOMINANT	CODOMINANT	DOMINE		ISOLE	DOMINANT	CODOMINANT	DOMINE	
10-15cm	0,2	0,2	0,5	30,1	30,9	0,00	0,00	0,01	0,39	0,40
15-20cm	0,2	0,2	1,0	22,4	23,7	0,00	0,00	0,02	0,53	0,56
20-25cm	0,5	0,3	0,8	17,8	19,4	0,02	0,01	0,03	0,71	0,78
25-30cm	0,2	0,6	2,4	11,2	14,4	0,01	0,04	0,15	0,65	0,84
30-35cm	0,0	1,9	2,2	7,8	12,0	0,00	0,17	0,19	0,66	1,01
35-40cm	0,2	2,9	1,0	6,4	10,4	0,02	0,31	0,11	0,70	1,14
40-45cm	0,0	5,0	1,1	1,9	8,0	0,00	0,71	0,16	0,28	1,15
45-50cm	0,0	2,9	0,8	2,4	6,1	0,00	0,51	0,15	0,41	1,08
50-55cm	0,0	2,1	1,0	0,3	3,4	0,00	0,44	0,20	0,06	0,71
55-60cm	0,0	1,1	0,5	1,0	2,6	0,00	0,29	0,12	0,25	0,66
>=60cm	0,0	2,1	0,3	1,3	3,7	0,00	0,87	0,12	0,52	1,52
TOTAL	1,1	19,2	11,5	102,6	134,4	0,05	3,37	1,26	5,17	9,85

PARCELLE 7, ESPECES PRINCIPALES :

VENTILATION PAR CLASSES DE DIAMETRE ET PAR CODES DE DAWKINS (1990)

CLASSE DIAMETRE	CODES DE DAWKINS (effectifs/ha)					TOTAL Nb DE TIGES	CODES DE DAWKINS (surface terrière : m2/ha)					TOTAL SURF. TER.
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
10-15cm	13,3	7,2	6,6	2,9	1,0	30,9	0,16	0,09	0,08	0,04	0,01	0,40
15-20cm	6,9	5,1	8,0	3,2	0,5	23,7	0,16	0,12	0,19	0,08	0,01	0,56
20-25cm	3,8	3,7	5,8	5,4	0,6	19,4	0,15	0,15	0,23	0,22	0,03	0,78
25-30cm	1,8	1,8	5,8	3,8	1,3	14,4	0,11	0,10	0,33	0,22	0,08	0,84
30-35cm	1,0	0,5	4,8	3,7	2,1	12,0	0,08	0,04	0,40	0,31	0,18	1,01
35-40cm	0,5	0,6	3,4	2,4	3,5	10,4	0,05	0,07	0,37	0,27	0,38	1,14
40-45cm	0,2	0,0	1,0	1,8	5,1	8,0	0,02	0,00	0,15	0,25	0,74	1,15
45-50cm	0,0	0,2	1,4	1,3	3,2	6,1	0,00	0,03	0,26	0,22	0,57	1,08
50-55cm	0,0	0,0	0,3	1,0	2,1	3,4	0,00	0,00	0,06	0,20	0,44	0,71
55-60cm	0,0	0,0	0,8	0,6	1,1	2,6	0,00	0,00	0,21	0,16	0,29	0,66
>=60cm	0,0	0,0	0,6	1,0	2,1	3,7	0,00	0,00	0,31	0,34	0,87	1,52
TOTAL	27,4	19,0	38,4	27,0	22,6	134,4	0,74	0,60	2,59	2,32	3,60	9,85

PARCELLE 7, "PEUPLEMENT D'AVENIR" :

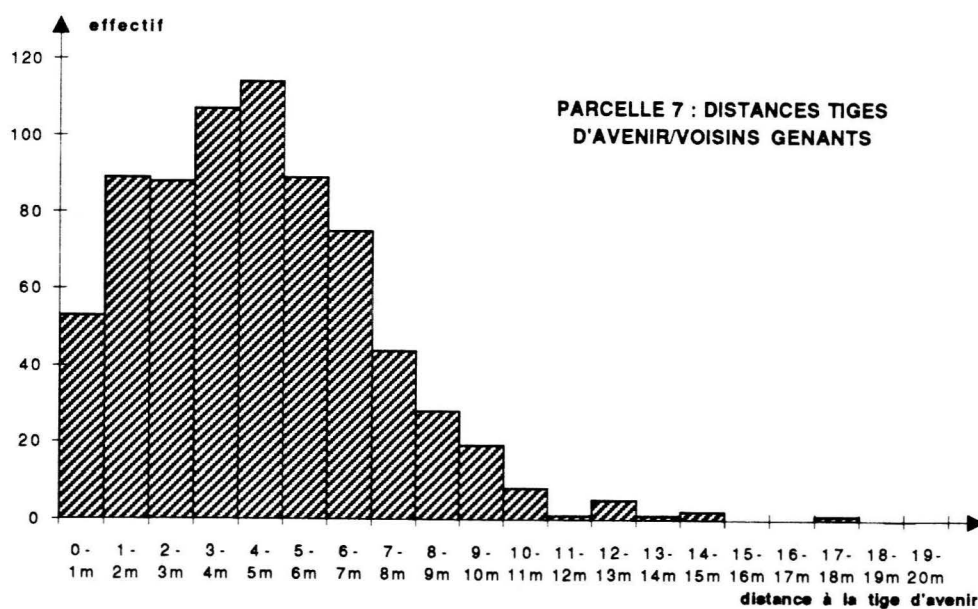
VENTILATION PAR CLASSES DE DIAMETRE ET NOMBRE DE VOISINS GENANTS (1990)

(EFFECTIFS/HA)

CLASSE DIAMETRE	NOMBRE DE VOISINS GENANTS							TOTAL Nb DE TIGES
	0	1	2	3	4	5	6	
10-15cm	2,2	4,6	7,2	4,2	2,9	0,8	0,3	22,2
15-20cm	2,2	3,5	3,8	3,8	1,6	0,5	0,0	15,5
20-25cm	2,9	3,8	4,0	1,3	0,3	0,0	0,0	12,3
25-30cm	2,2	4,0	2,4	1,0	0,2	0,0	0,0	9,8
30-35cm	3,8	3,5	1,8	0,3	0,0	0,0	0,0	9,4
35-40cm	3,7	1,8	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	6,9
40-45cm	5,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6
45-50cm	3,0	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	3,8
50-55cm	1,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8
55-60cm	1,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4
>=60cm	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3
TOTAL	29,3	22,2	21,0	10,9	5,1	1,3	0,3	90,1

HISTOGRAMME DES DISTANCES TIGES D'AVENIR / VOISINS GENANTS (effectifs sur l'ensemble de la parcelle de 6,25 ha)

INTERVALLE	FREQUENCE		
	Absolue	Cumulée (eff)	Cumulée (%)
0-1m	53	53	7,3
1-2m	89	142	19,6
2-3m	88	230	31,8
3-4m	107	337	46,5
4-5m	114	451	62,3
5-6m	89	540	74,6
6-7m	75	615	84,9
7-8m	44	659	91
8-9m	28	687	94,9
9-10m	19	706	97,5
10-11m	8	714	98,6
11-12m	1	715	98,8
12-13m	5	720	99,4
13-14m	1	721	99,6
14-15m	2	723	99,9
15-16m	0	723	99,9
16-17m	0	723	99,9
17-18m	1	724	100
18-19m	0	724	100
19-20m	0	724	100



REGRESSIONS LINEAIRES. TABLEAUX D'ANALYSE DE VARIANCE.

1) Etude de la liaison taille des tiges d'avenir / taille des voisins gênants.

Fréquence :	R :	R-carré :	R-carré ajust :	Ec-type Résiduel :
724	,3	,1	,1	14,5

Analyse de la variance				
Source	DDL :	Som. des carrés	Carré moyen	Test-F
REGRESSION	1	14116,8	14116,8	67,2
RESIDUEL	722	151582,3	209,9	p = ,0001
TOTAL	723	165699,1		

Coefficient de régression					
Variable	Coefficient	Err. Std. :	Coeff. Std. :	(Valeur)-t :	Probabilité
CONSTANTE	26,9				
PENTE	,5	,1	,3	8,2	,0001

Intervalles de confiance				
Variable :	95% Inf. :	95% Sup. :	90% Inf. :	90% Sup. :
MOY. (X,Y)	36,2	38,3	36,4	38,2
PENTE	,4	,6	,4	,6

2) Etude de la liaison taille des tiges d'avenir / taille du plus petit des voisins gênants.

Fréquence :	R :	R-carré :	R-carré ajust :	Ec-type Résiduel :
357	,5	,2	,2	13,1

Analyse de la variance				
Source	DDL :	Som. des carrés	Carré moyen	Test-F
REGRESSION	1	16517,6	16517,6	96,6
RESIDUEL	355	60675,7	170,9	p = ,0001
TOTAL	356	77193,4		

Coefficient de régression					
Variable	Coefficient	Err. Std. :	Coeff. Std. :	(Valeur)-t :	Probabilité
CONSTANTE	17,3				
PENTE	,8	,1	,5	9,8	,0001

Intervalles de confiance				
Variable :	95% Inf. :	95% Sup. :	90% Inf. :	90% Sup. :
MOY. (X,Y)	32,1	34,8	32,3	34,6
PENTE	,6	,9	,6	,9

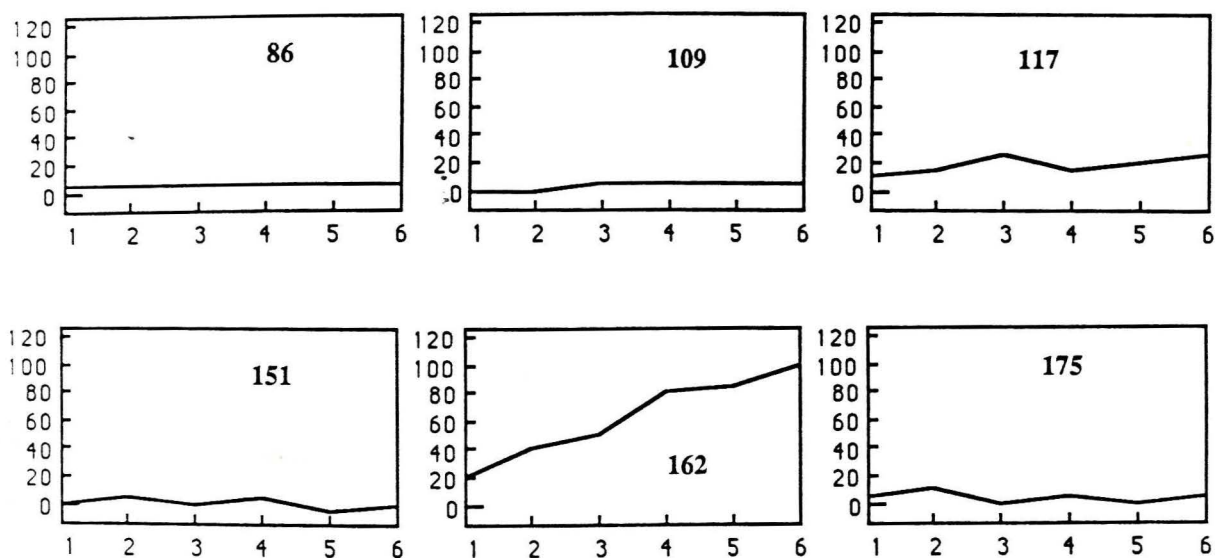
ANNEXE 5

EXEMPLES DE COURBES INDIVIDUELLES DE CROISSANCE ANNUELLE

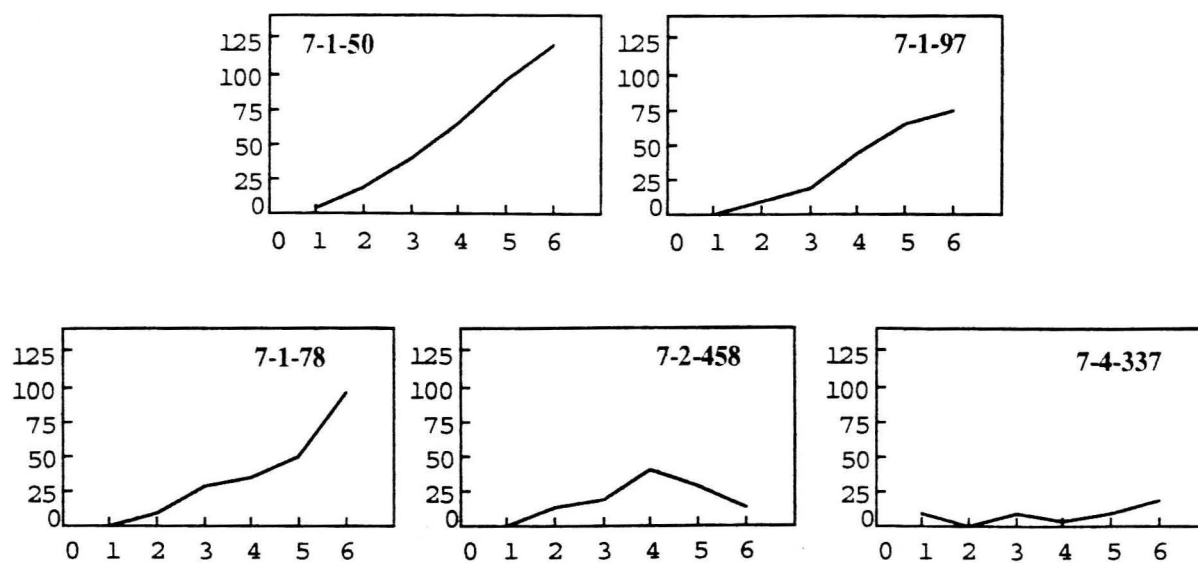
Abscisses : 7 campagnes de mesure (0 à 6). Toutes les circonférences de départ (année 0) ont été ramenées à l'origine.

Ordonnées : accroissements annuels sur la circonférence (mm).

PARCELLES TEMOIN (différentes espèces).



PARCELLE 7 (traitement 1, différentes espèces).



ANNEXE 6

COMPLEMENTS SUR L'ACM

(Analyse réalisée à l'aide du logiciel ADECO*)

Etude des relations entre espèces (7, les mieux représentées), classes de diamètre (en 1990, campagne 7), accélération de la croissance, croissance annuelle après exploitation, statut social, codes de DAWKINS, nombre de voisins gênants.

On ne prend en compte que les tiges ayant un avenir (qualités 0 à 2), dont les mesures de circonférence ne présentent aucune anomalie (arbres ronds, mesures effectuées à la même hauteur) et qui sont vivants de la campagne 1 à la campagne 7.

07-23-1992 14/08/43 ADE library /ReadCateg

Multistate variable file descriptive: simav

351 rows

7 variable

38 categories

Description des variables.

Codes essence.

[1]Category : 1	Num: 32	Freq:0.0912	BOCO (105)
[2]Category : 2	Num: 29	Freq:0.0826	BALATA POMME (206)
[3]Category : 3	Num: 35	Freq:0.0997	CARAPA (207)
[4]Category : 4	Num: 43	Freq:0.1225	GONFOLO ROSE (211)
[5]Category : 5	Num: 60	Freq:0.1709	MANIL MARECAGE(214)
[6]Category : 6	Num: 45	Freq:0.1282	TOSSO PASSA (222)
[7]Category : 7	Num: 107	Freq:0.3048	WAPA (224)

Classes de diamètre (campagne 7).

[8]Category : 1	Num: 149	Freq:0.4245	10-20 cm
[9]Category : 2	Num: 92	Freq:0.2621	20-30 cm
[10]Category : 3	Num: 66	Freq:0.1880	30-40 cm
[11]Category : 4	Num: 30	Freq:0.0855	40-50 cm
[12]Category : 5	Num: 14	Freq:0.0399	>= 50 cm

Acroissement de la croissance (en diamètre) après exploitation.

[13]Category : 1	Num: 68	Freq:0.1937	négatif
[14]Category : 2	Num: 105	Freq:0.2991	moins d'1 mm
[15]Category : 3	Num: 57	Freq:0.1624	entre 1 et 2 mm
[16]Category : 4	Num: 37	Freq:0.1054	entre 2 et 3 mm
[17]Category : 5	Num: 62	Freq:0.1766	entre 3 et 5 mm
[18]Category : 6	Num: 22	Freq:0.0627	plus de 5 mm

Croissance annuelle (en diamètre) après exploitation.

[19]Category : 1	Num: 90	Freq:0.2564	moins de 1 mm
[20]Category : 2	Num: 54	Freq:0.1538	entre 1 et 2 mm
[21]Category : 3	Num: 48	Freq:0.1368	entre 2 et 3 mm
[22]Category : 4	Num: 105	Freq:0.2991	entre 3 et 5 mm

* URA CNRS 1451. Université Claude Bernard LYON 1.

[23]Category : 5 Num: 26 Freq:0.0741 entre 5 et 7 mm
 [24]Category : 6 Num: 28 Freq:0.0798 plus de 7 mm

Codes de DAWKINS.

[25]Category : 1 Num: 80 Freq:0.2279
 [26]Category : 2 Num: 58 Freq:0.1652
 [27]Category : 3 Num: 94 Freq:0.2678
 [28]Category : 4 Num: 62 Freq:0.1766
 [29]Category : 5 Num: 57 Freq:0.1624

Statut social.

[30]Category : 1 Num: 49 Freq:0.1396 dominant
 [31]Category : 2 Num: 27 Freq:0.0769 codominant
 [32]Category : 3 Num: 275 Freq:0.7835 dominé

Nombre de voisins gênants.

[33]Category : 1 Num: 97 Freq:0.2764 aucun voisin gênant
 [34]Category : 2 Num: 86 Freq:0.2450 1 voisin gênant
 [35]Category : 3 Num: 94 Freq:0.2678 2 voisins gênants
 [36]Category : 4 Num: 46 Freq:0.1311 3 voisins gênants
 [37]Category : 5 Num: 19 Freq:0.0541 4 voisins gênants
 [38]Category : 6 Num: 9 Freq:0.0256 5 voisins gênants et plus.

Diagonalisation de la matrice.

07-23-1992 14/12/56 ADE library /DiagoR>C

General program of two diagonal norme analysis

Input file : simav.cmta

Rows = 351 Columns = 38

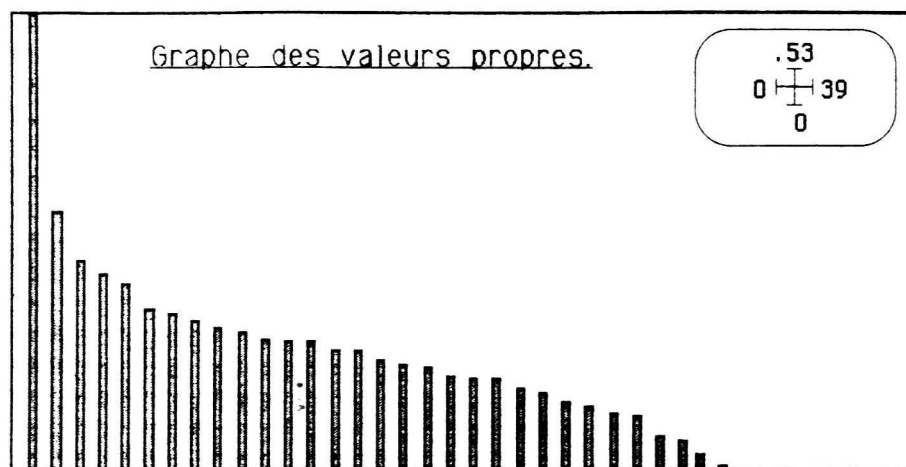
Total inertia 4.428226

Negative eigenvalue 32 0
 Negative eigenvalue 33 0
 Negative eigenvalue 34 0
 Negative eigenvalue 35 0
 Negative eigenvalue 36 0
 Negative eigenvalue 37 0
 Negative eigenvalue 38 0

Eigenvalues

/ 1:.5277E+00/.1192/0.1192/ 2:.3003E+00/.0678/0.1870/ 3:.2447E+00/.0553/0.2422
 / 4:.2288E+00/.0517/0.2939/ 5:.2179E+00/.0492/0.3431/ 6:.1876E+00/.0424/0.3855
 / 7:.1831E+00/.0413/0.4268/ 8:.1737E+00/.0392/0.4661/ 9:.1673E+00/.0378/0.5039
 / 10:.1613E+00/.0364/0.5403/ 11:.1544E+00/.0349/0.5751/ 12:.1520E+00/.0343/0.6095
 / 13:.1511E+00/.0341/0.6436/ 14:.1404E+00/.0317/0.6753/ 15:.1396E+00/.0315/0.7068
 / 16:.1306E+00/.0295/0.7363/ 17:.1253E+00/.0283/0.7646/ 18:.1223E+00/.0276/0.7922
 / 19:.1109E+00/.0250/0.8173/ 20:.1083E+00/.0245/0.8417/ 21:.1081E+00/.0244/0.8661
 / 22:.9895E-01/.0223/0.8885/ 23:.9322E-01/.0211/0.9095/ 24:.8136E-01/.0184/0.9279
 / 25:.7615E-01/.0172/0.9451/ 26:.6954E-01/.0157/0.9608/ 27:.6533E-01/.0148/0.9756
 / 28:.4342E-01/.0098/0.9854/ 29:.3596E-01/.0081/0.9935/ 30:.2030E-01/.0046/0.9981
 / 31:.8875E-02/.0020/1.0001/ 32:.0000E+00/.0000/1.0001/ 33:.0000E+00/.0000/1.0001
 / 34:.0000E+00/.0000/1.0001/ 35:.0000E+00/.0000/1.0001/ 36:.0000E+00/.0000/1.0001
 / 37:.0000E+00/.0000/1.0001/ 38:.0000E+00/.0000/1.0001

Graphe des valeurs propres



File simav.cmvp contains 38 rows and 2 columns
It contains the eigenvalues and the relative inertia on each axis

File simav.cmco contains columns scores
It is a 38 row and 2 column file

File : simav.cmco

	Minima	Maxima
col 1	Mini = -.2407E+01	Maxi = +.8849E+00
col 2	Mini = -.1562E+01	Maxi = +.1596E+01

File simav.cmli contains individual scores
It is a 351 row and 2 column file

File : simav.cmli

	Minima	Maxima
col 1	Mini = -.2098E+01	Maxi = +.8042E+00
col 2	Mini = -.1414E+01	Maxi = +.1179E+01

Calcul des rapports de corrélation, pour les 2 premiers axes de l'ACM.

07-23-1992 14/20/39 ADE library /CorRatioMCA

Multiple correspondence analysis : simav.cmta

Codes essence.

```
> Categ= 1 Weight=0.091 0.309 0.046
> Categ= 2 Weight=0.083 -0.227 -0.389
> Categ= 3 Weight=0.100 0.230 -0.568
> Categ= 4 Weight=0.122 -1.661 0.819
> Categ= 5 Weight=0.171 -0.030 -0.435
> Categ= 6 Weight=0.128 0.656 0.700
> Categ= 7 Weight=0.305 0.302 -0.102
```


-----> r=0.440 r=0.226

Classes de diamètre (campagne 7).

> Categ= 1 Weight=0.424 0.556 0.475
 > Categ= 2 Weight=0.262 0.216 -0.618
 > Categ= 3 Weight=0.188 -0.331 -0.634
 > Categ= 4 Weight=0.085 -1.573 0.293
 > Categ= 5 Weight=0.040 -2.407 1.371
 -----> r=0.607 r=0.354

Accroissement de la croissance (en diamètre) après exploitation.

> Categ= 1 Weight=0.194 -0.025 -0.010
 > Categ= 2 Weight=0.299 0.284 0.248
 > Categ= 3 Weight=0.162 -0.413 0.204
 > Categ= 4 Weight=0.105 0.388 0.205
 > Categ= 5 Weight=0.177 -0.247 -0.341
 > Categ= 6 Weight=0.063 -0.166 -1.065
 -----> r=0.080 r=0.121

Croissance annuelle (en diamètre) après exploitation.

> Categ= 1 Weight=0.256 0.535 0.465
 > Categ= 2 Weight=0.154 0.299 0.207
 > Categ= 3 Weight=0.137 0.187 0.276
 > Categ= 4 Weight=0.299 -0.430 -0.337
 > Categ= 5 Weight=0.074 -0.250 -0.942
 > Categ= 6 Weight=0.080 -0.773 -0.227
 -----> r=0.200 r=0.176

Codes de DAWKINS.

> Categ= 1 Weight=0.228 0.743 1.026
 > Categ= 2 Weight=0.165 0.572 0.031
 > Categ= 3 Weight=0.268 0.411 -0.485
 > Categ= 4 Weight=0.177 -0.324 -1.178
 > Categ= 5 Weight=0.162 -1.951 0.611
 -----> r=0.862 r=0.609

Statut social.

> Categ= 1 Weight=0.140 -2.118 0.780
 > Categ= 2 Weight=0.077 -0.537 -1.562
 > Categ= 3 Weight=0.783 0.430 0.014
 -----> r=0.794 r=0.273

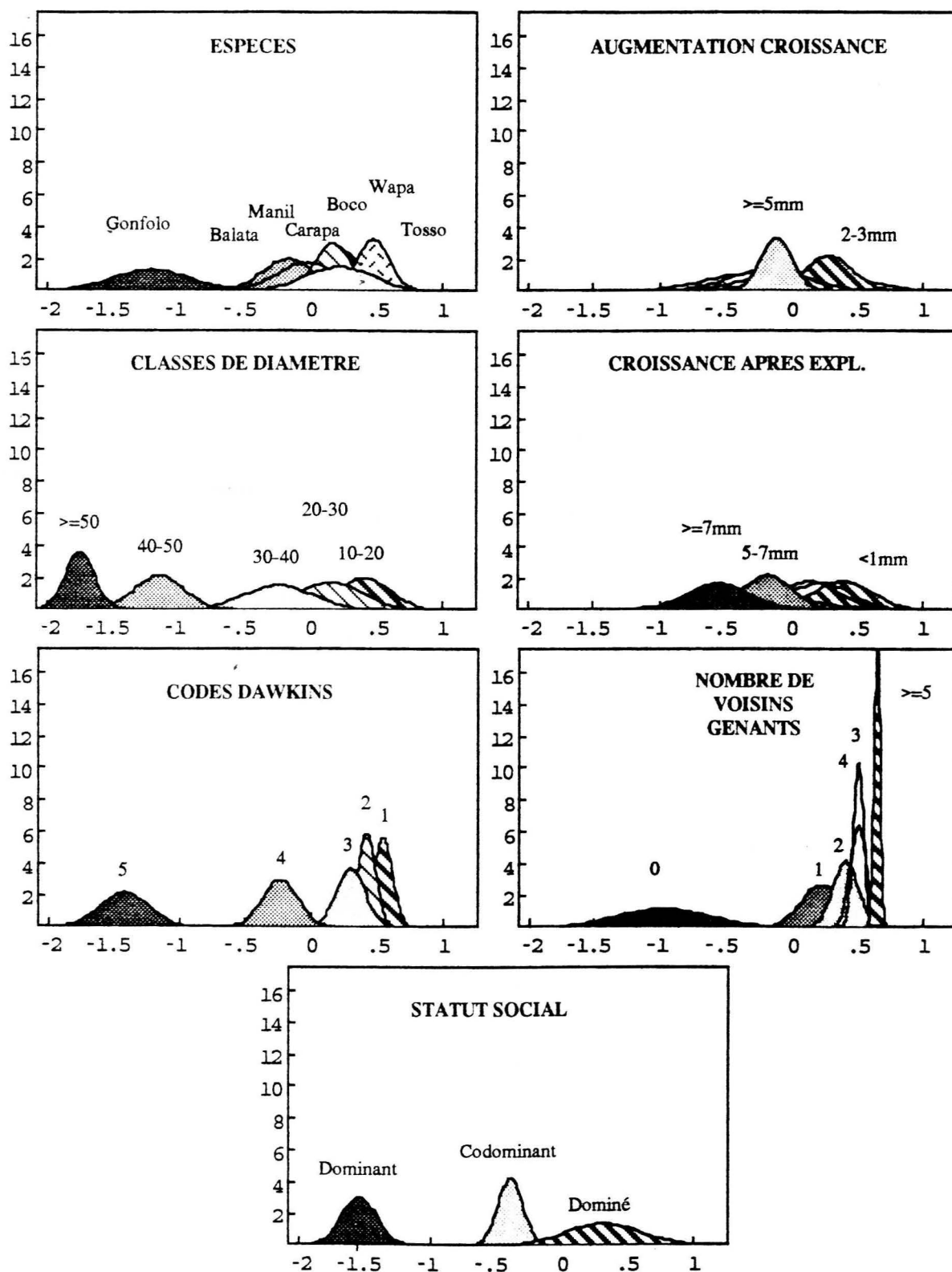
Nombre de voisins gênants.

> Categ= 1 Weight=0.276 -1.345 -0.114
 > Categ= 2 Weight=0.245 0.298 -0.760
 > Categ= 3 Weight=0.268 0.555 0.094
 > Categ= 4 Weight=0.131 0.689 0.695
 > Categ= 5 Weight=0.054 0.688 1.116
 > Categ= 6 Weight=0.026 0.885 1.596
 -----> r=0.712 r=0.344

COURBES DE GAUSS REALISEES POUR LES DIFFERENTES MODALITES DE CHAQUE VARIABLE

(logiciels ADECO, GRAPHMU* et MACDRAW II)

Variable quantitative : coordonnées des individus sur le premier axe factoriel de l'ACM.



* URA CNRS 243. Université Claude Bernard LYON 1.

ANNEXE 7

ETUDE DE L'INFLUENCE DE L'ECLAIREMENT DU HOUPPIER SUR LA CROISSANCE DES ARBRES

RESULTATS ANOVA A 1 FACTEUR FIXE (NOMBRE DE VOISINS GENANTS)

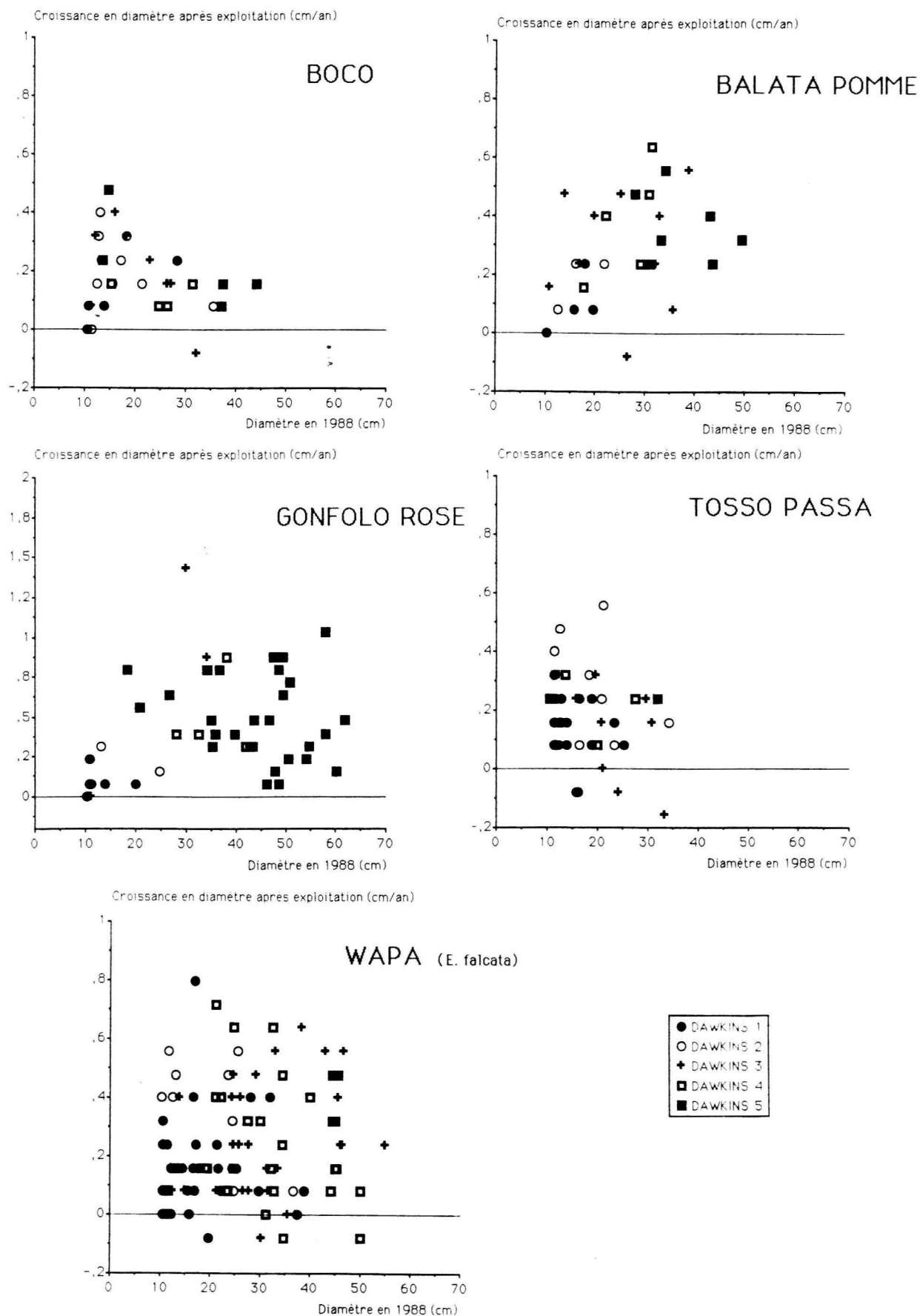
ESPECE	NOMBRE DE VOISINS GENANTS *															Proba. Fobs > Fthe	Séparation des codes * *			
	0			1			2			3			4							
	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var.	N	Moy.	Var.					
BOCO	6	0,199	0,02	10	0,239	0,014	11	0,116	0,014	5	0,175	0,011				0,1590(NS)	(2 3 0 1)			
BALATA POMME	10	0,36	0,02	8	0,32	0,03	11	0,2	0,04							0,1186 (NS)	(3 2 1)			
CARAPA	8	0,746	0,063	8	0,517	0,06	12	0,312	0,034	8	0,169	0,028				0,0001	3 <table border="1"><tr><td>2</td><td>1</td></tr></table> 0	2	1	
2	1																			
GONFOLO ROSE	31	0,498	0,069	5	0,43	0,072	6	0,305	0,313	2	0,08	0				(l'analyse n'a pas de sens)				
MANIL MAR.	19	0,381	0,062	17	0,492	0,075	11	0,456	0,055	13	0,386	0,095				0,5783(NS)	(0 3 2 1)			
TOSSO PASSA	5	0,22	0,01	9	0,15	0,1	10	0,15	0,04	13	0,2	0,03	8	0,13	0,01	0,7377 (NS)	(5 2 3 4 1)			
WAPA	20	0,294	0,037	29	0,22	0,046	35	0,214	0,031	16	0,194	0,026	7	0,25	0,079	0,5432(NS)	(3 2 1 4 0)			
Toutes espèces	173	0,428	0,094	135	0,338	0,067	125	0,274	0,063	66	0,2	0,038	40	0,259	0,051	0,0001	3 <table border="1"><tr><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr></table> 0	4	2	1
4	2	1																		

* La dernière colonne renseignée regroupe les suivantes.

** Interprétation : les groupes en italique, en gras, ou encadrés ne sont pas significativement différents. Le mélange des styles s'interprète comme un chevauchement entre groupes.

INFLUENCE DU CODE DE DAWKINS SUR LA CROISSANCE

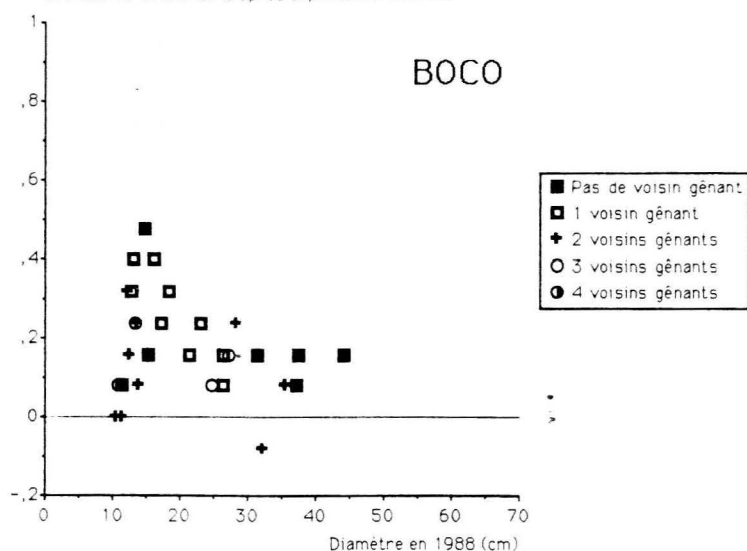
(les graphiques concernant Carapa et Manil marécage figurent dans le texte)



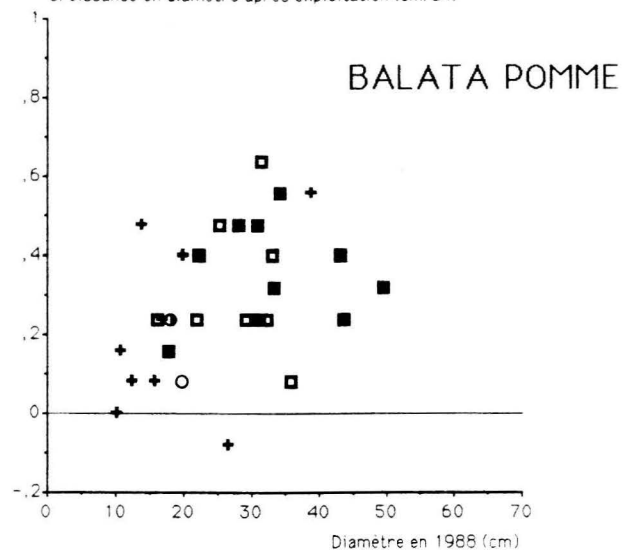
NB : le graphique du GONFOLO ROSE n'est pas à la même échelle que les autres (croissances plus fortes).

INFLUENCE DU NOMBRE DE VOISINS GÉNANTS SUR LA CROISSANCE

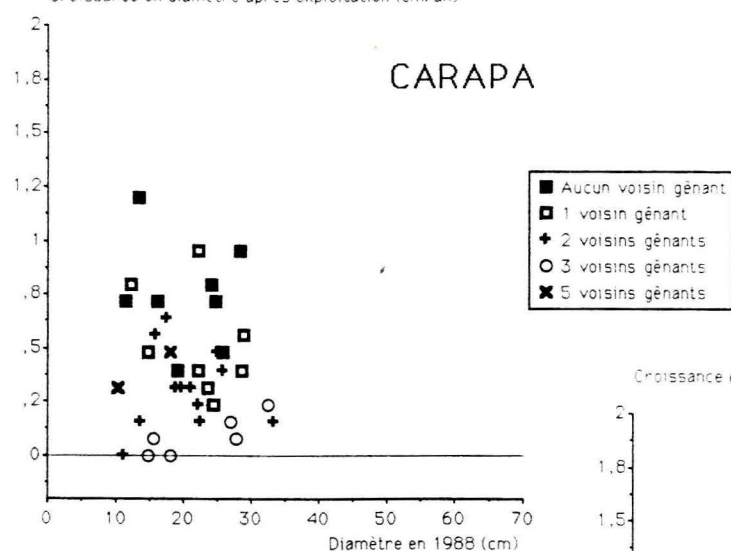
Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)



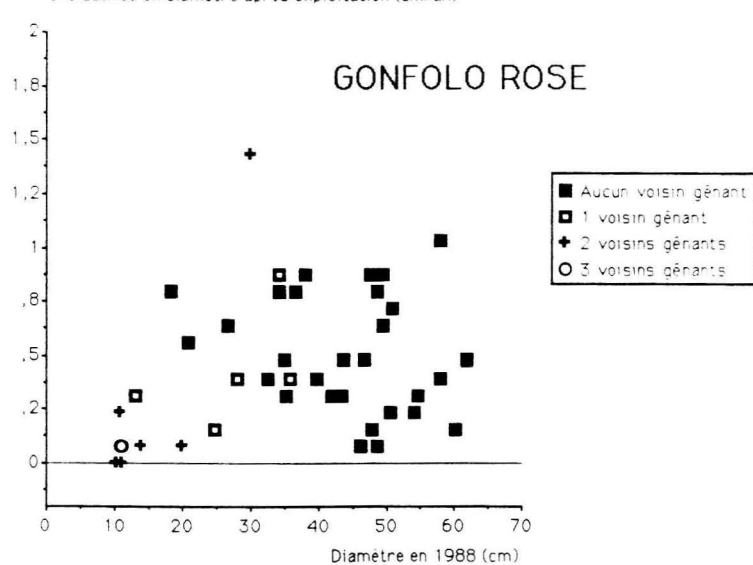
Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)



Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)



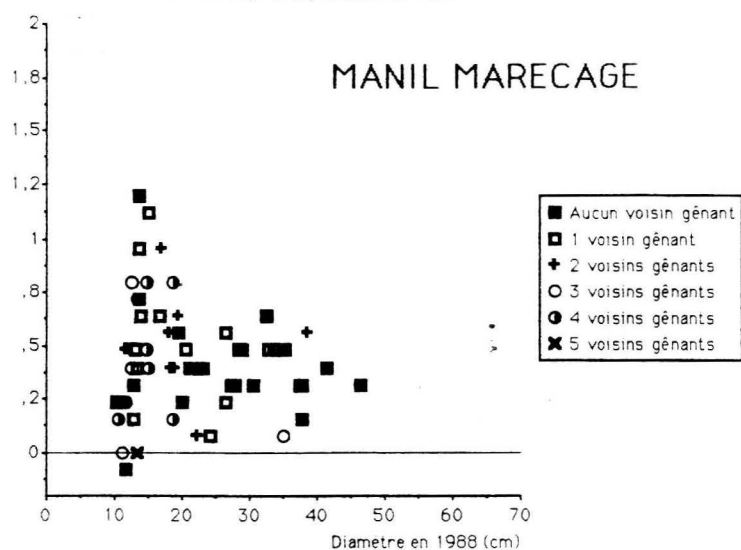
Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)



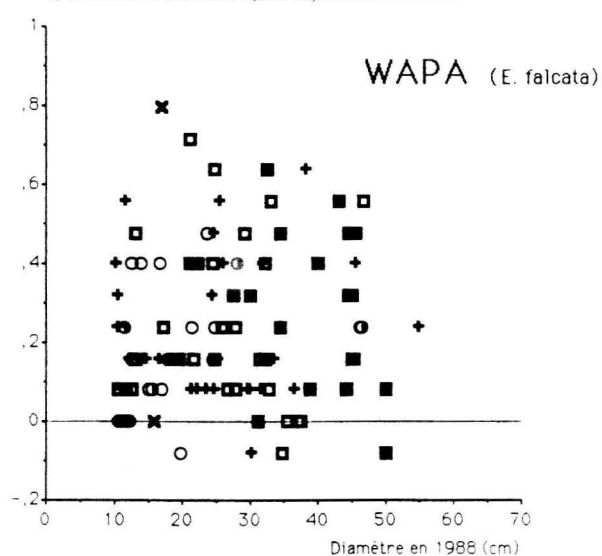
NB : les graphiques du CARAPA et du GONFOLO ROSE ne sont pas à la même échelle que les deux autres.

INFLUENCE DU NOMBRE DE VOISINS GENANTS SUR LA CROISSANCE (fin)

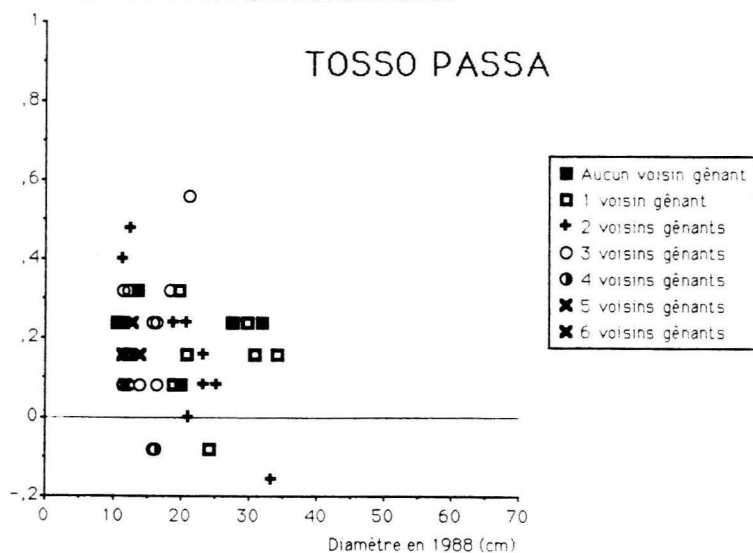
Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)



Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)

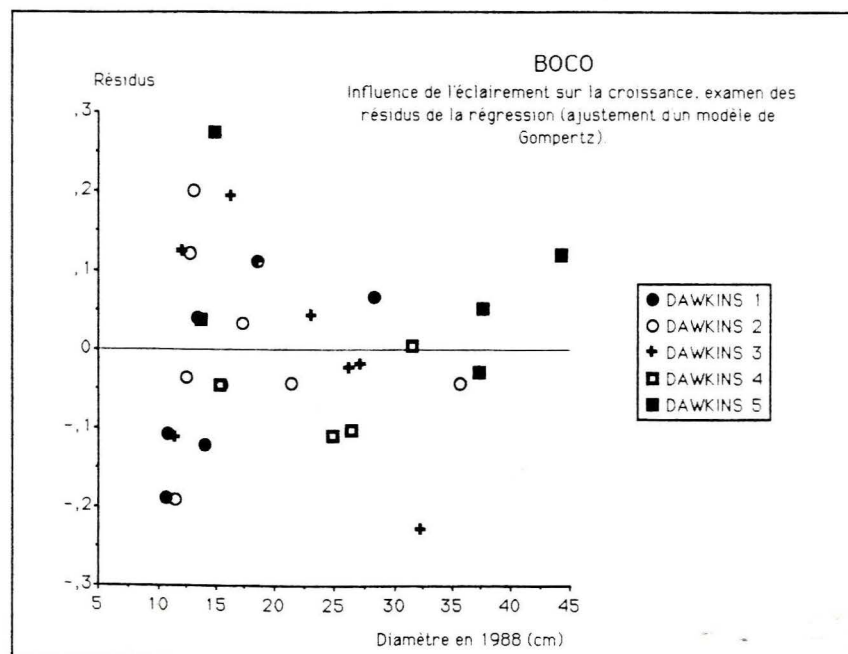
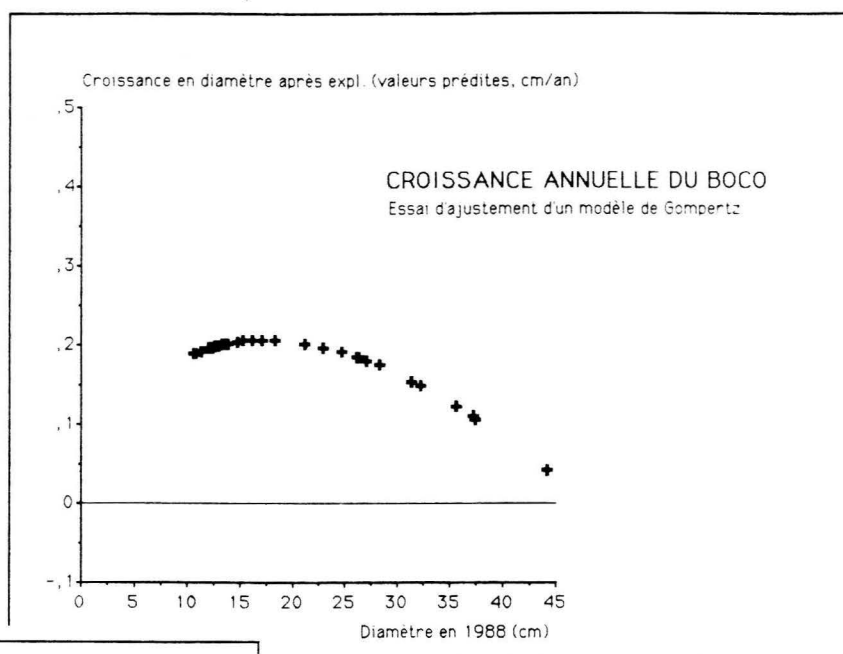
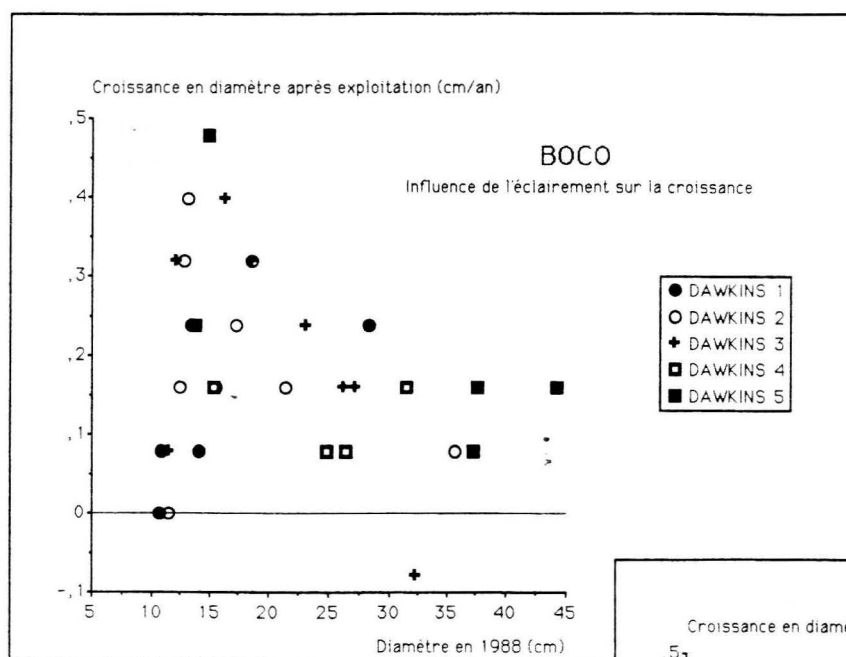


Croissance en diamètre après exploitation (cm/an)



NB : le graphique du MANIL MARECAGE n'est pas à la même échelle que les deux autres.

TENTATIVE D'AJUSTEMENT D'UN MODELE DE GOMPERTZ A LA COURBE DE CROISSANCE DU BOCO



CARACTERISTIQUES DE L'AJUSTEMENT (sortie du logiciel SAS)

PARCOURS 7. Ajustement modèle de Gompertz sur le RPOD.

Non-Linear Least Squares Iterative Phase			Dependent Variable PAPCM		Method: Marquardt
Iter	A	K	Sum of Squares		
0	20.000000	50.000000	3496985		
1	0.011682	49.996692	0.448530		
2	0.011682	47.760664	0.444062		
3	0.011682	47.809988	0.444059		
4	0.011682	47.810010	0.444059		

NOTE: Convergence criterion met.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	2	1.0757610432	0.5378805216
Residual	30	0.4440592789	0.0148019760
Uncorrected Total	32	1.5198203221	
(Corrected Total)	31	0.4939416047	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	0.01168214	0.0024113020	0.006757637	0.016608837
K	47.81001346	6.8522467163	33.815959408	61.304067509

Asymptotic Correlation Matrix

Corr		
	A	K
A	1	-0.822825975
K	-0.822825975	1

ANNEXE 8

ETUDE DES CORRELATIONS ENTRE CROISSANCE MOYENNE ANNUELLE ET QUELQUES INDICES DE COMPETITION CLASSIQUES

PARCELLE 1 (témoin)

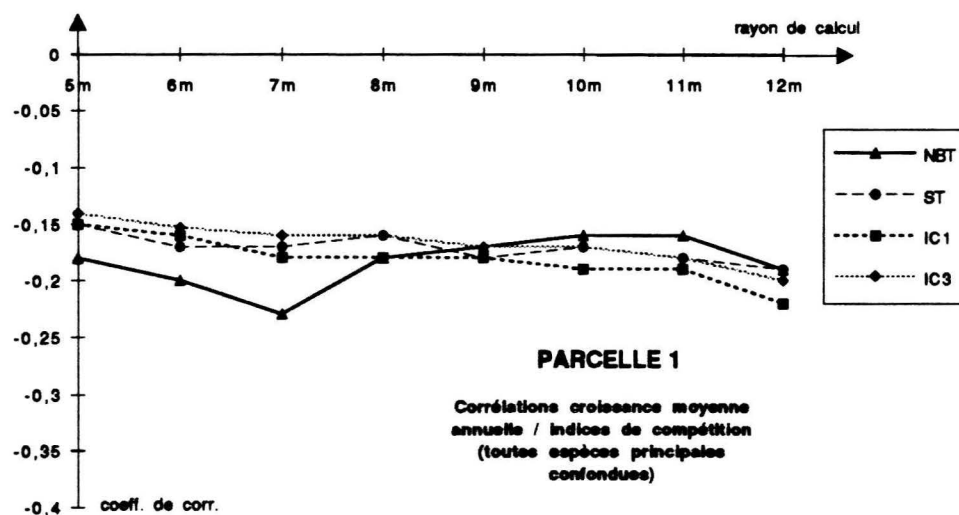
La croissance annuelle moyenne a été calculée sur 7 ans (mode de calcul : voir texte § 4.3.2.2. 1)). Les arbres examinés sont situés à plus de 10, 11 et 12 m (resp. pour l'examen des placettes de rayon 5 à 10, 11 et 12 m) des bords de la parcelle.

Nombre de tiges étudiées : 623 (5 à 10 m), 605 (11 m), 584 (12 m).

INDICES	5m		6m		7m		8m		9m		10m		11m		12m	
NBT	-0,18	***	-0,2	***	-0,23	***	-0,18	***	-0,17	***	-0,16	***	-0,16	***	-0,19	***
ST	-0,15	***	-0,17	***	-0,17	***	-0,16	***	-0,18	***	-0,17	***	-0,18	***	-0,19	***
IC1	-0,15	***	-0,16	***	-0,18	***	-0,18	***	-0,18	***	-0,19	***	-0,19	***	-0,22	***
IC2	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)	-0,03	(NS)
IC3	-0,14	***	-0,153	***	-0,16	***	-0,16	***	-0,17	***	-0,17	***	-0,18	***	-0,2	***
IC4	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,07	(NS)

Coefficients significativement différents de 0 : *** ($p \leq 0,0005$).

Coefficients non significativement différents de 0, en prenant un risque d'erreur de 5% : (NS).



PARCELLE 7

La croissance moyenne annuelle a été calculée sur 2 fois 3 ans (voir texte § 4.3.2.2. 1)). Les arbres examinés sont situés à plus de 10, 11 et 12 m (resp. pour l'examen des placettes de rayon 5 à 10, 11 et 12 m) des bords de la parcelle.

Croissance moyenne annuelle avant exploitation.

Nombre de tiges étudiées : 608 (5 à 10 m), 588 (11 m) et 571 (12 m).

INDICES	5m		6m		7m		8m		9m		10m		11m		12m	
NBT	-0,1	*	-0,13	**	-0,1	*	-0,12	**	-0,13	**	-0,14	***	-0,11	**	-0,11	**
ST	-0,17	***	-0,17	***	-0,14	***	-0,16	***	-0,16	***	-0,17	***	-0,17	***	-0,16	***
IC1	-0,13	**	-0,14	***	-0,14	***	-0,15	***	-0,16	***	-0,17	***	-0,16	***	-0,16	***
IC2	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,06	(NS)	-0,07	(NS)
IC3	-0,14	***	-0,15	***	-0,15	***	-0,16	***	-0,16	***	-0,17	***	-0,16	***	-0,17	***
IC4	-0,07	(NS)	-0,07	(NS)	-0,07	(NS)	-0,07	(NS)	-0,07	(NS)	-0,07	(NS)	-0,06	(NS)	-0,07	(NS)

Croissance moyenne annuelle après exploitation.

Nombre de tiges étudiées : idem tableau précédent.

INDICES	5m		6m		7m		8m		9m		10m		11m		12m	
NBT	-0,13	**	-0,17	***	-0,19	***	-0,2	***	-0,22	***	-0,2	***	-0,16	***	-0,16	***
ST	-0,16	***	-0,18	***	-0,19	***	-0,22	***	-0,21	***	-0,21	***	-0,22	***	-0,2	***
IC1	-0,15	***	-0,17	***	-0,18	***	-0,2	***	-0,21	***	-0,21	***	-0,2	***	-0,21	***
IC2	-0,09	*	-0,09	*	-0,09	*	-0,09	*	-0,1	*	-0,09	*	-0,09	*	-0,11	*
IC3	-0,15	***	-0,17	***	-0,18	***	-0,2	***	-0,2	***	-0,21	***	-0,21	***	-0,21	***
IC4	-0,1	*	-0,09	*	-0,1	*	-0,1	*	-0,1	*	-0,1	*	-0,1	*	-0,11	*

Coefficients significativement différents de 0 : *** (p <= 0,0005), ** (p <= 0,005), * (p <= 0,05).

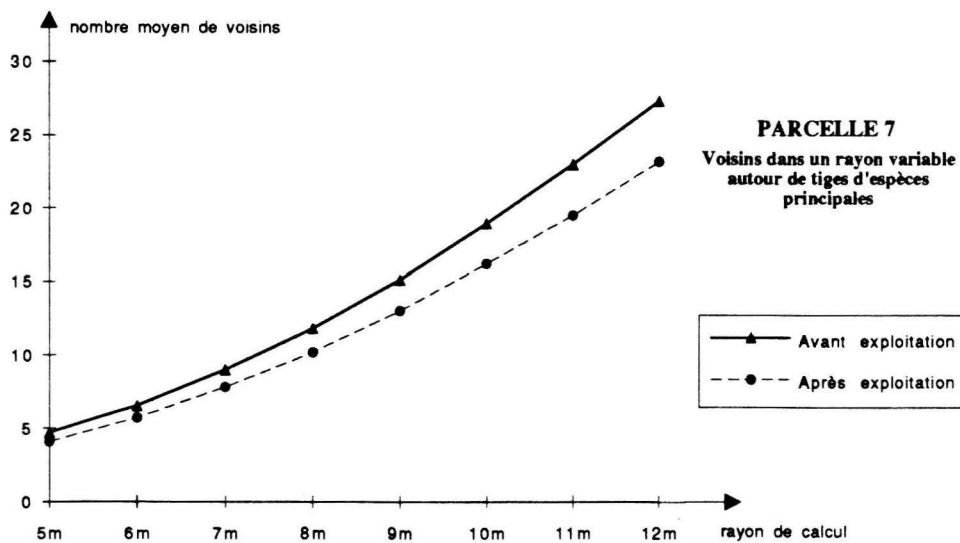
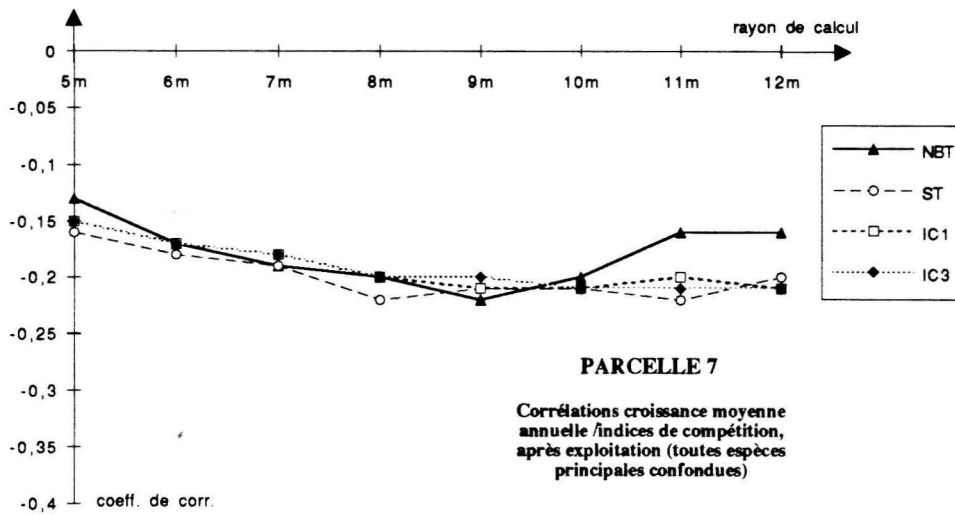
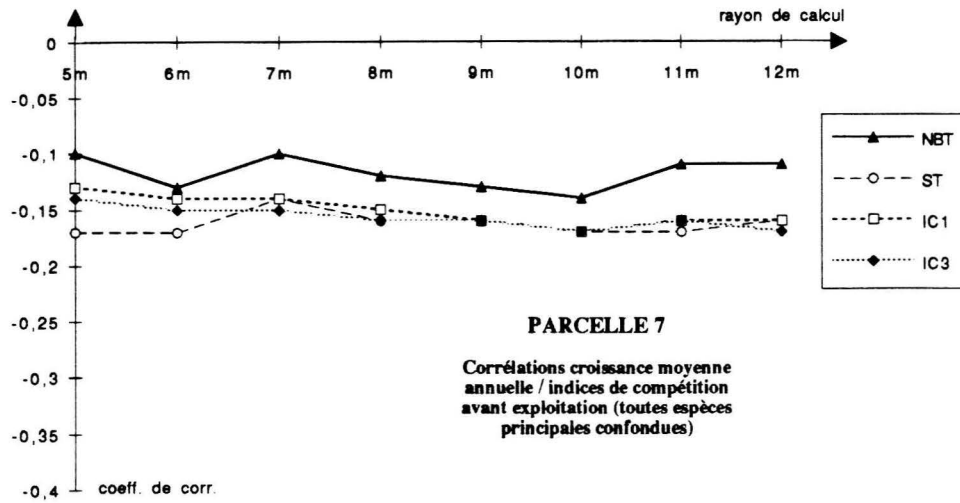
Coefficients non significativement différents de 0 (pour un risque d'erreur de 5%) : (NS).

NOMBRE MOYEN DE VOISINS CONCERNES POUR CHAQUE RAYON D'ETUDE

Nombre de tiges étudiées : voir plus haut.

	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
NBT avant	4,7	6,5	9	11,8	15,1	18,9	23	27,3
NBT après	4,1	5,7	7,8	10,2	13	16,2	19,5	23,2

Voir graphiques page suivante.



ANNEXE 9

QUELQUES PRECISIONS SUR LE FICHIER SIMAV.DAT ET LA CONSTITUTION DU PEUPLEMENT D'AVENIR

Ce fichier contient toutes les informations relatives aux 840 tiges d'espèces principales vivantes en 1990, présentes sur la parcelle 7 : circonférences aux différentes campagnes, code de DAWKINS, statut social, qualité, nombre et identification des voisins gênants. Par ailleurs, un code "DEVENIR" a été attribué dès le départ à chacune des tiges, permettant de distinguer les tiges d'avenir (TA), au profit desquelles on travaille, des tiges "potentiellement dévitalisables" (TPD) dont on ne se préoccupe pas et que l'on peut, le cas échéant, supprimer.

Parmi les TPD figurent les tiges de qualité 3 (sans avenir pour cause de gros défauts), mais aussi certaines tiges identifiées comme gênantes pour des voisins de qualité supérieure ou appartenant à des essences commercialement plus intéressantes. Cette décision (qui concerne 31 individus) a permis d'alléger par la suite le traitement informatique : elle a permis d'éviter d'avoir à se préoccuper de leurs voisins dans le cas où la règle d'éclaircie les aurait épargnées. Le gain en travail et en temps est important du fait que les voisins gênants sont identifiés en amont de la chaîne de traitement, alors que la décision portant sur l'élimination d'une tige est réalisée plus en aval.

Ceci constitue l'un des principaux points faibles de la chaîne, dans la mesure où dès le départ une décision doit être prise et figée dans le fichier (préférence d'une espèce par rapport à une autre, intervention des qualités respectives des tiges...) et qu'elle conditionne toute la suite. L'idéal serait de pouvoir décider en cours d'utilisation des programmes (passage de paramètres) des règles de préférence d'un individu par rapport à un autre pour la sélection des TA.

ANNEXE 10

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES ECLAIRCIES SIMULEES

PEUPLEMENT D'AVENIR :

tiges de plus de 10 cm de diamètre, appartenant aux espèces considérées comme principales par le CIRAD-Forêt (soit 85,1 tiges/ha).

TYPE D'ECLAIRCIE	Diamètre min. tiges d'avenir (cm)	Rayon d'intervention (m)	Diamètre min. tiges éliminées (cm)	Effectif éliminé (eff./ha)	Surface terrière éliminée (m ² /ha)	EFFICACITE (%)	INTERET (%)
Sélective (ESL)	10	-	10	66,2	7,32	74,3	100
Systématique (EST)	10	-	40	40,2	8,80	24,1	53,4
Mixte (EM1)	10	5	15	127,0	9,08	54,8	38,4
	10	5	20	82,7	8,04	47,2	50,9
	10	5	25	57,3	7,05	37,7	58,7
	10	8	15	206,1	15,10	69,5	30
	10	8	20	133,8	13,39	60,5	40,3
	10	8	30	65,8	10,24	40	54,3
	10	10	20	155,0	15,11	61,8	35,5
	10	10	30	74,9	11,38	41,1	48,9
	10	10	35	52,5	9,54	31,6	53,7
	15	5	15	102,7	7,13	40,6	35,2
	15	8	15	182,6	13,39	61,6	30,1
	15	8	20	117,3	11,84	53,5	40,7
	15	8	25	79,4	10,35	44	49,4
	15	8	30	58,1	9,10	35,7	54,8
	15	10	15	221,6	15,96	68	27,4
	15	10	20	143,2	14,11	59,2	36,9
	15	10	25	96,2	12,26	48,5	44,9
	15	10	35	48,3	8,96	30,2	55,6
	20	8	20	97,4	9,59	43,3	39,6
	20	10	20	127,4	12,52	53,7	37,6
	20	10	30	62,6	9,52	35,5	50,6
	20	10	35	43,7	7,96	27,3	55,7
Mixte (EM2)	10	5	-	93,0	7,48	50,6	48,5
	10	6	-	118,4	9,53	58,7	44,2
	10	8	-	178,9	13,46	68,6	34,2
	10	8	15	152,0	13,09	66,8	39,2
	12,5	8	-	134,1	11,97	59,4	39,5
	15	5	-	44,3	4,89	28,7	57,8
	15	8	-	94,6	10,23	48,3	45,5
	15	8	20	82,6	9,92	46,5	50,2
	20	8	-	49,6	6,88	29,6	53,2
	20	10	-	71,2	9,47	37,7	47,2
	25	10	-	43,4	6,94	27,6	56,8

Voir fin du tableau page suivante.

(suite du tableau de la page précédente).

Mixte (EM3)	10	8	15	121,6	11,57	61,9	45,4
	10	8	20	97,6	10,99	55,8	51
Modif. rayon au-delà de 15 cm*	12,5	8	15	109,4	11,01	54	44
	12,5	8	20	91,0	10,56	51	49,9
Modif. rayon au-delà de 17,5 cm*	15	8	-	79,2	9,19	44,2	49,7
	15	8	20	73,6	9,04	43,6	52,8
Modif. rayon au-delà de 20 cm*	15	10	-	88,0	10,49	47,2	47,8
	15	10	20	83,8	10,38	46,7	49,6
Modif. rayon au-delà de 25 cm*	10	10	20	83,8	10,22	52,8	56,1
	15	10	-	68,8	8,87	42	54,4
Modif. rayon au-delà de 30 cm*	15	10	-	58,9	7,65	36,6	55,4

PEUPLEMENT D'AVENIR :

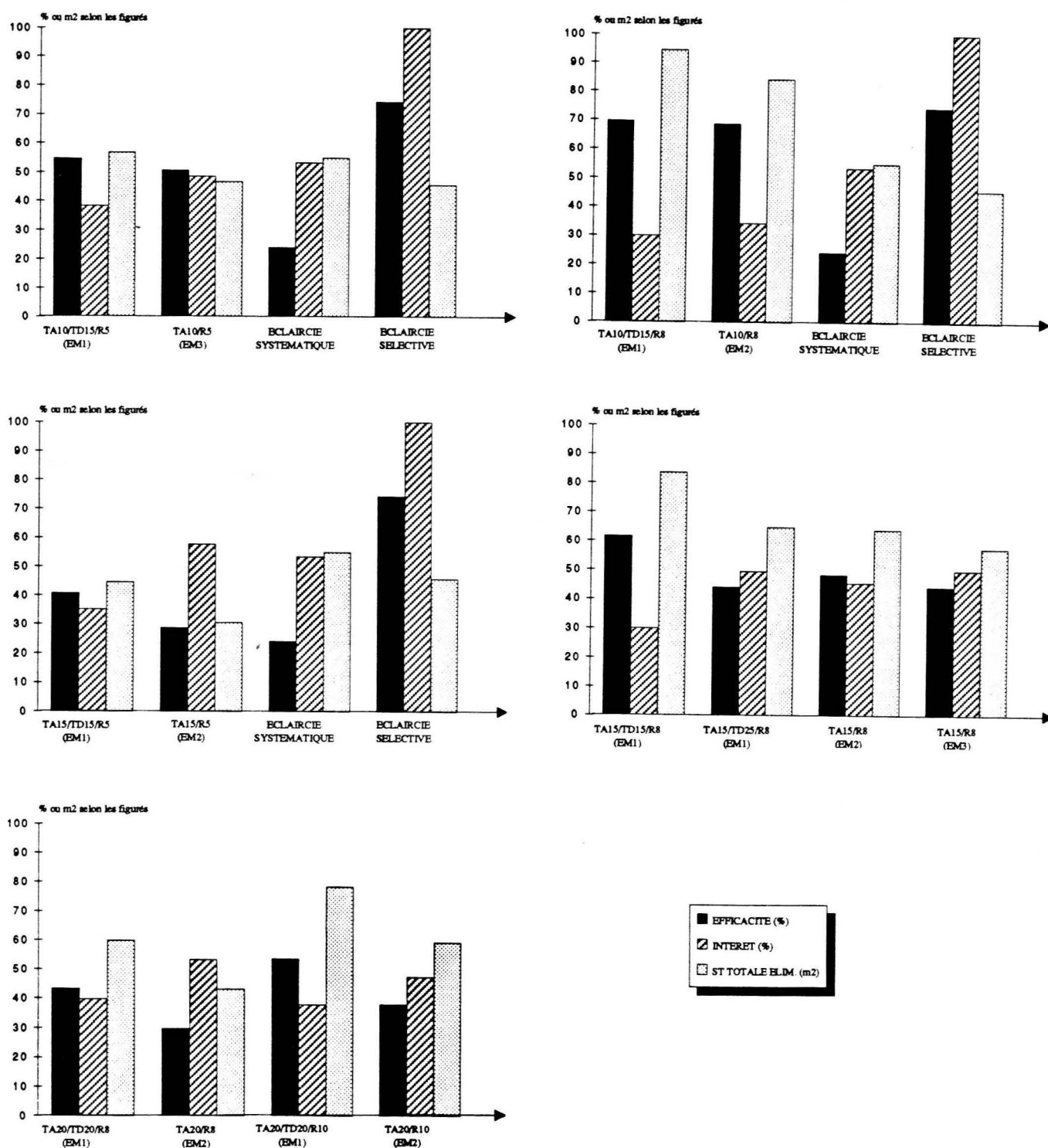
tiges de plus de 10 cm de diamètre, appartenant aux espèces considérées comme principales par l'ONF (soit 48,8 tiges/ha).

TYPE D'ECLAIRCIE	Diamètre min. tiges d'avenir (cm)	Rayon d'intervention (m)	Diamètre min. tiges éliminées (cm)	Effectif éliminé (eff./ha)	Surface terrière éliminée (m2/ha)	EFFICACITE (%)	INTERET (%)
Sélective (ESL)	10	-	10	38,2	4,40	79,9	100
Systématique (EST)	10	-	40	43,2	9,32	27,8	30,7
Mixte (EM1)	15	8	15	138,2	9,50	57,5	19,9
	15	8	20	87,7	8,31	53,2	29
	15	10	20	117,8	11,18	59,2	24
	20	10	20	98,7	9,37	49,8	24,1
Mixte (EM2)	12,5	8	-	98,1	8,56	65,6	32
	15	8	-	65,3	6,75	48,5	35,5
	15	10	-	93,8	9,48	54,5	27,8
	20	8	-	32,8	4,37	29,4	42,9

* La modalité EM3 est ici définie de la manière suivante : lorsque les tiges d'avenir ont un diamètre inférieur au diamètre précisé dans la colonne, le rayon d'intervention est fixé à 5 m. Autour des tiges plus grosses, le rayon est celui qui figure dans la colonne "rayon d'intervention".

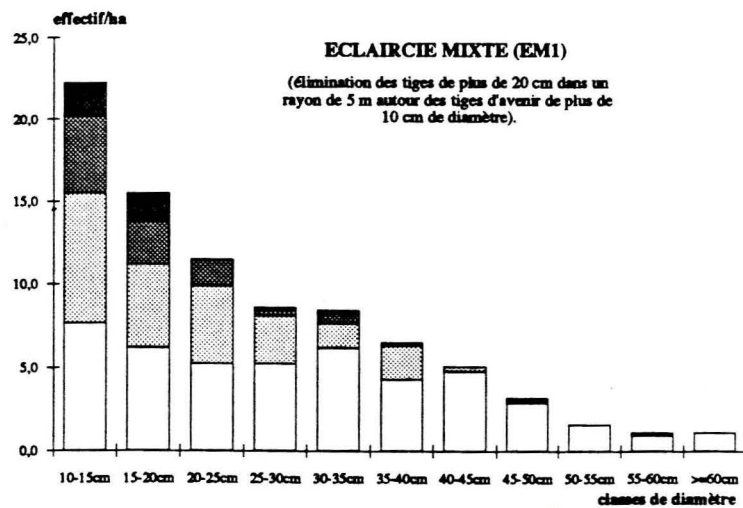
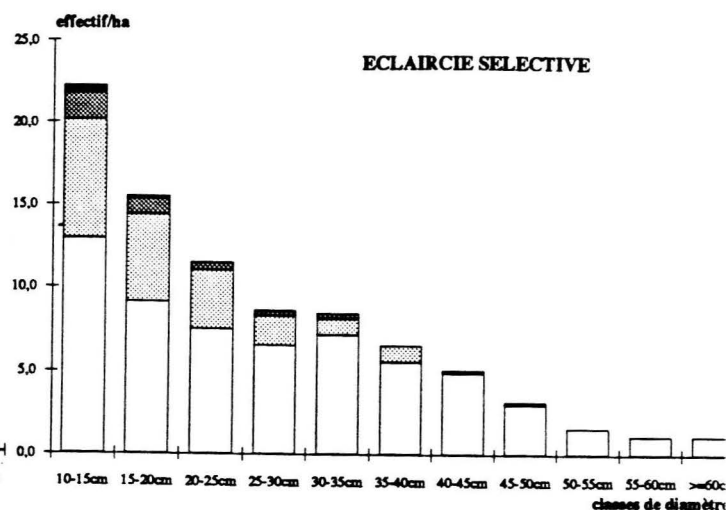
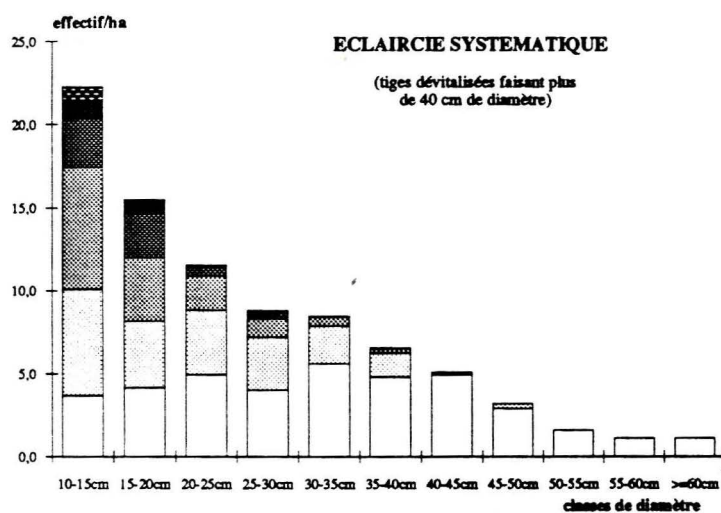
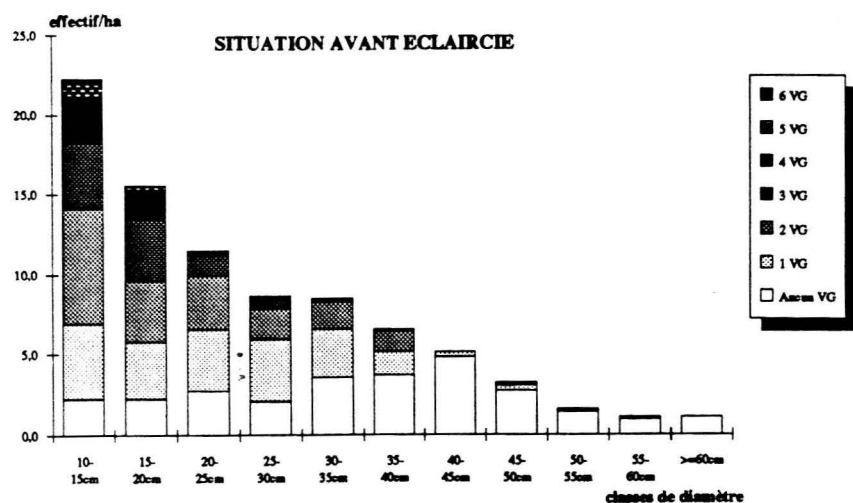
COMPARAISON GRAPHIQUE DE QUELQUES ECLAIRCIES

NB : les surfaces terrières sont données pour l'ensemble de la parcelle 7 : 6,25 ha.

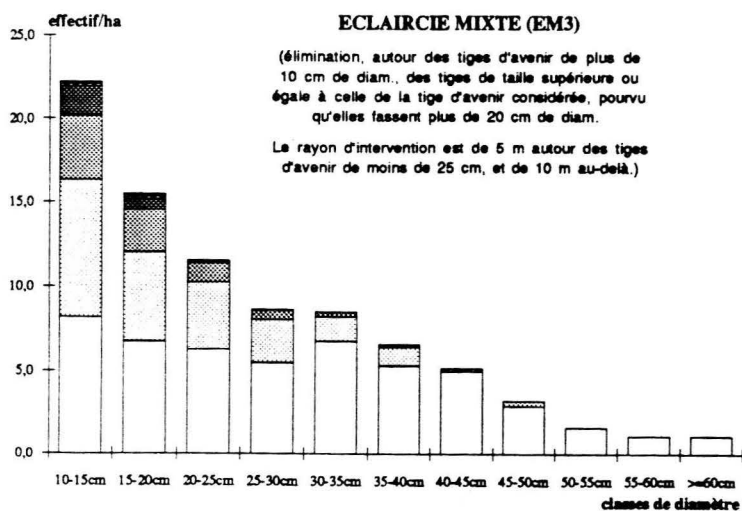
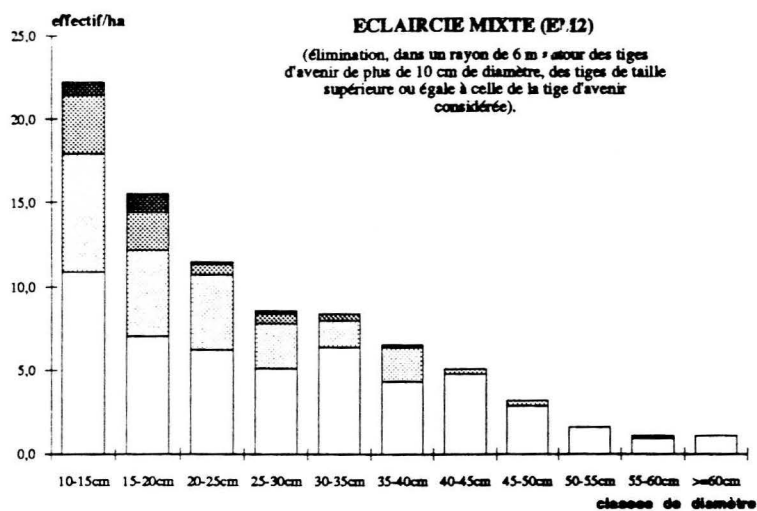
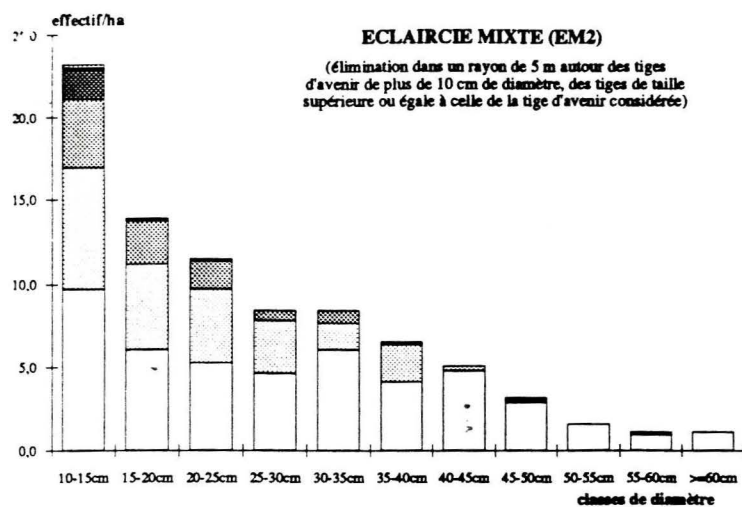


NB. TA15/TD15/R5 signifie : tiges d'avenir de diamètre (à 1m30) supérieur à 15 cm, tiges dévitalisées à partir d'un diamètre de 15 cm, dans un rayon de 5 m autour des tiges d'avenir.

EVOLUTION DU NOMBRE DE VOISINS GENANTS AVANT ET APRES ECLAIRCIE, POUR DIFFERENTES REGLES D'INTERVENTION (voir aussi page suivante)



EVOLUTION DU NOMBRE DE VOISINS GENANTS AVANT ET APRES ECLAIRCIE, POUR DIFFERENTES REGLES D'INTERVENTION (fin)



ANNEXE 11

"CROWN POSITION SCORES" (d'après DAWKINS, 1958, cité par SYNNOTT, 1979).

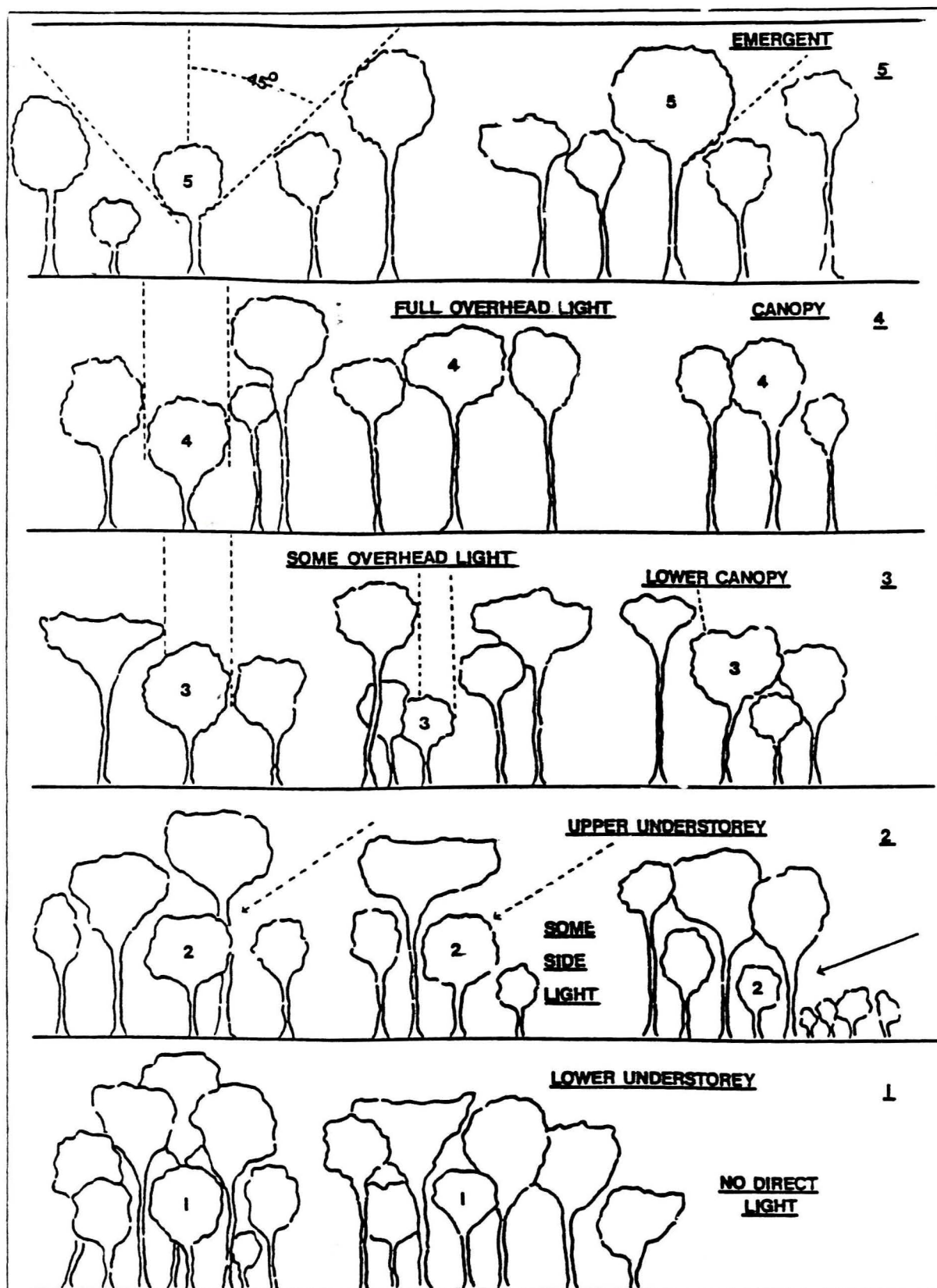


Figure 1. Crown Position Scores

(Reproduced from Silvicultural Research Plan, 1959-63, Forest Dept., Uganda.)